www.radio.ru

9•2016

РАДИО

АУДИО•ВИДЕО•СВЯЗЬ•ЭЛЕКТРОНИКА•КОМПЬЮТЕРЫ

РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИЙ ЧАСТОТОМЕР



ISSN-0033-765X
9 770033 765009
16009

• Оптимальный ток покоя УМЗЧ
• Конвертер диапазона 118...137 МГц
• ЗУ на микроконтроллере
• Драйвер шагового двигателя

...и ещё 14 конструкций

9
2016



Молодёжная команда Российской Федерации по спортивной радиопеленгации и юный болельщик — брат одной из спортсменок.

Спортивная радиопеленгация — 17-й чемпионат Европы

Алексей АБРАМОВ (RA4HRA), г. Самара

EYAC 2016
17th European Youth ARDF Championship
Oslo, Norway - July 2nd-5th

Выступление молодёжной сборной нашей страны по спортивной радиопеленгации на 17-м юношеском чемпионате Европы, который проходил летом в Норвегии, было успешным. О том, что сегодня представляет собой этот вид радиоспорта и как проходил этот чемпионат, рассказывает один из членов тренерской команды.

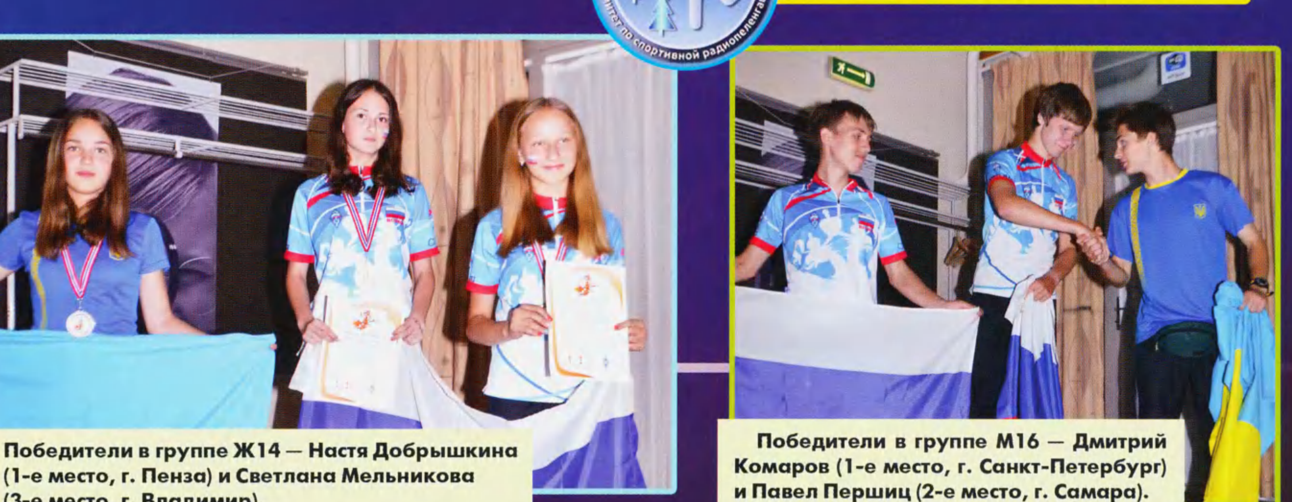
(см. статью на с. 56)



Напряжённое ожидание забегов...

"Золотой финиш" Дмитрия Комарова (г. Санкт-Петербург).

Союз радиолюбителей России
Комитет по спортивной радиопеленгации



Победители в группе Ж14 — Настя Добрышкина (1-е место, г. Пенза) и Светлана Мельникова (3-е место, г. Владимир).

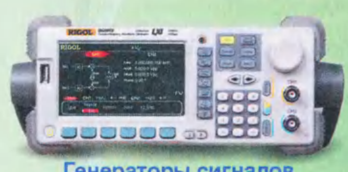
Победители в группе М16 — Дмитрий Комаров (1-е место, г. Санкт-Петербург) и Павел Першиц (2-е место, г. Самара).

ВЕСЬ МОДЕЛЬНЫЙ РЯД RIGOL





Новинка!



Генераторы сигналов



Цифровые осциллографы



Анализаторы спектра



Система коммутации и сбора данных



Цифровые мультиметры

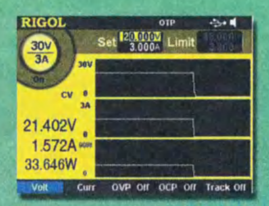


Генераторы СВЧ сигналов

Новые программируемые источники питания

- Количество каналов – 1, 2 или 3
- Высокая точность и разрешение
- Цветной 3,5" TFT дисплей
- Уникальный интерфейс управления
- Три формы отображения параметров: цифровая, графическая, аналоговая (циферблатная)
- Режим работы по списку (тайминг)
- Режим с установкой задержки
- Регистрация и анализ выходных параметров со статистической обработкой
- Функция мониторинга на выходе на заданные условия
- Входы и выходы синхронизации
- Широкий выбор интерфейсов: USB-host, USB-device, RS-232, LAN (LXI Core Device 2011) и GPIB











		DP832A	DP832	DP831A	DP821A	DP811A
Количество выходов		3	3	3	2	1 (2 диапазона)
Выходные параметры	CH1 CH2 CH3	0...30 В / 0...3 А 0...30 В / 0...3 А 0...5 В / 0...3 А		0...8 В / 0...5 А 0...+30 В / 0...2 А 0...-30 В / 0...2 А	0...8 В / 0...10 А 0...60 В / 0...1 А	0…20 В / 0…10 А или 0…40 В / 0…5 А
Максимальная мощность		195 Вт		160 Вт	140 Вт	200 Вт
Пульсации+шум (20 Гц...20 МГц)				<350 мкВ$_{скз}$ / 2 мВ$_{пик-пик}$ <2 мА$_{скз}$		
Базовая точность (ежегодная)	напряжение	0,05 % (CH1 и CH2); 0,1 % (CH3)		0,1 % (CH1); 0,05 % (CH2 и CH3)	0,05 % (CH1); 0,1 % (CH2)	0,05 %
	ток	0,2 %		0,2 %	0,2 %	0,1 %
Разрешение программирования	напряжение	1 мВ	10 мВ, 1 мВ – опц.	1 мВ	1 мВ – CH1, 10 мВ – CH2	1 мВ
	ток	1 мА	1 мА	0,3 мА – CH1 0,1 мА – CH2 и CH3	1 мА – CH1 0,1 мА – CH2	0,5 мА
Разрешение считывания	напряжение	0,1 мВ	10 мВ, 0,1 мВ – опц.	0,1 мВ	1 мВ	0,1 мВ
	ток	0,1 мА	1 мА, 0,1 мА – опц.	0,1 мА	1 мА – CH1, 0,1 мА – CH2	0,1 мА
Разрешение отображения	напряжение	1 мВ	10 мВ, 1 мВ – опц.	1 мВ	1 мВ – CH1, 10 мВ – CH2	1 мВ
	ток	1 мА	10 мА, 1 мА – опц.	1 мА	1 мА – CH1, 0,1 мА – CH2	1 мА



ООО «ИРИТ»: Москва, 115211,
Каширское шоссе, дом 57, корпус 5
Телефон/факс: (495) 344-97-65,
Телефон: (495) 781-79-97
E-mail: irit@irit.ru

Ознакомьтесь с «Руководством пользователя» и скачайте каталог продукции RIGOL на сайте www.irit.ru



В НОМЕРЕ:

На нашей обложке. Любительский частотомер (см. статью на с. 47).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

УМЗЧ С ПОЛЕВЫМИ ТРАНЗИСТОРАМИ
МОДЕРНИЗАЦИЯ АС 35АС-012
УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ МЕТЕОСТАНЦИЯ
РАДИОПЕЛЕНГАТОР

Тираж журнала «Радио» № 8 сдан для рассылки подписчикам 03.08.2016 г.

Издается с 1924 года

РАДИО®

9•2016
МАССОВЫЙ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

"Радиолюбитель"—"Радиофронт"—"Радио"

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»
Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13
E-mail: **ref@radio.ru**
Группа работы с письмами — (495) 607-08-48
Отдел рекламы — (495) 608-99-45, e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 608-81-79; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-77-28
Бухгалтерия — (495) 607-87-39
Наши платёжные реквизиты:
получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,
р/сч. 40702810438090103159
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счет 30101810400000000225 БИК 044525225
Подписано к печати 18.08.2016 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная
Подписной индекс:
по каталогу «Роспечати» — 70772;
по Объединённому каталогу «Пресса России» — 89032;
по каталогу Российской прессы ПОЧТА РОССИИ — 61972.

Отпечатано в АО «ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ЭКСТРА М», 143400, Московская обл., Красногорский р-н, а/м «Балтия», 23 км.
Зак. 16-08-00278.

Встречаем Индустрию 4.0

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Микробы медленно ползали по телу Левши, с трудом волоча за собой подковы...".
(из пособия "Развитие Интернета вещей в XIX веке")

Говорят, что термин Индустрия 4.0 совместно придумали немецкие бизнесмены, политики и учёные, которые во время Ганноверской ярмарки в 2011 г. искали название для новой инициативы, призванной повысить конкурентоспособность обрабатывающей промышленности Германии через активную интеграцию "киберфизических систем" (CPS — Cyber-Physical System) в производственные процессы. И теперь к 2030 г. в Германии планируется полностью интернетизировать промышленность, а немецкое правительство инвестирует в эту область около 200 млн евро. В целом всемирный генезис индустрии выглядит так:

— Индустрия 1.0, построенная на энергии воды и пара;
— Индустрия 2.0, построенная на электроэнергии;
— Индустрия 3.0, объединившая промышленность и информационные технологии;
— Индустрия 4.0, построенная на базе Интернета вещей (IoT — Internet of Things).

Термин CPS широко присутствует в теме интеграции подключённых к Интернету различных производственных мощностей и человеческого труда. На сегодняшних предприятиях огромные объёмы данных выдаются точками измерения, число которых постоянно растёт. С этим процессом легко справляются машины, и человек уже не может обрабатывать эти данные с той же скоростью, что и они. Соответственно, будет целесообразно, если машины получат возможность взаимодействовать между собой в определённых областях производства. Многие процессы можно сделать более эффективными, гибкими и рентабельными посредством создания среды, оснащённой измерительным оборудованием. Интернет вещей, вернее, его часть в лице "Промышленного Интернета" (IIoT — Industrial Internet of Things) пришёлся здесь как нельзя кстати. Сегодня, через столетие после конвейерной революции Генри Форда, руководители предприятий переосмысливают принцип сборочной линии и активно создают сеть машин, которые будут не только производить товары с меньшим числом ошибок, но и смогут автономно изменять производственные шаблоны в соответствии с необходимостью, оставаясь при этом высокоэффективными. Ну а смена шаблонов при переходе на новые продукты, как известно, требует подчас серьёзных затрат.

IIoT — это концепция построения инфокоммуникационных инфраструктур, подразумевающая подключение к сети Интернет любых небытовых устройств, оборудования, датчиков и систем мониторинга, а также интеграцию данных элементов между собой, что приводит к формированию новых бизнес-моделей при создании товаров и услуг, а также их доставке потребителям. Ключевым драйвером реализации концепции IIoT является повышение эффективности существующих производственных и технологических процессов, снижение потребности в капитальных затратах. Остаётся лишь "подковать" каждую вещь соответствующим интеллектом.

В настоящее время правительства развитых стран включили киберфизические системы в приоритетный список инноваций, считая их критически важными для защиты своих национальных интересов. Существует надежда, что подобные системы, к примеру, позволят ведущим державам устранить их нынешнюю зависимость от стран-фабрик, невероятно углубившуюся во времена "глобализации", и вернуть себе реальную самостоятельность. В мире Индустрии 4.0 машины будут способны понимать своё окружение и общаться между собой по интернет-протоколу, поэтому эксперты и приравнивают её к очередной промышленной революции наряду с изобретением парового двигателя или электрификацией.

Правда, при этом они подчёркивают, что это не будет революцией — переход к новому укладу будет происходить постепенно, эволюционно.

Сам термин "киберфизические системы" был предложен в 2006 г. Хелен Джилл (в то время директором по встроенным и гибридным системам в Национальном научном фонде США), чтобы подчеркнуть возрастающую роль распределённых вычислительных систем, встроенных систем реального времени и автоматизированных систем управления техническими процессами и объектами. CPS представляют собой системы, в состав которых входят различные природные объекты, информационные системы и управляющие контроллеры, представленные как единое целое, где обеспечиваются тесная связь и координация между вычислительными и физическими ресурсами. Указанные системы охватывают современные транспорт, энергетику, робототехнику, а также управление промышленными процессами и крупными объектами инфраструктуры. Ожидается, что со временем их развитие приведёт к серьёзным изменениям во взаимодействии с физическим миром. В общем, тренд был подмечен весьма точно, и уже через пару лет началось стремительное развитие CPS, и прогресс в этом классе систем был признан одним из наиболее важных направлений технического развития в США, а чуть позже и в Европе.

Собственно, CPS — это новый уровень развития таких научных направлений, как искусственный интеллект и кибернетика. В своё время оптимизм в "грандиозном" развитии обоих этих направлений сменился всеобщим разочарованием из-за того, что в очередной раз ожидания футурологов и предсказания фантастов сильно опередили развитие технологий. Зато сегодня уже никто не говорит о какой-либо передаче компьютеру творческих задач или о каких-либо разумных действиях компьютеров, которые буквально думают и решают за вас. Сегодня кибернетика не занимается научным познанием и является лишь его инструментом, а понятие искусственного интеллекта ограничено экспертными системами, базами знаний, системами "вопрос-ответ" и ещё рядом столь же понятных задач, вроде современных интерактивных систем поддержки управленческих решений. Разве что отдельные неизощрённые в современных информационных системах управленцы могут думать, что система сама подсказывает им решения, и за этой подсказкой не скрывается большой труд целой армии разработчиков управленческих моделей, аналитиков и создателей баз данных.

В целом CPS могут кардинально изменить традиционную логику производства, поскольку, к примеру, каждый рабочий объект будет способен сам определять, какую работу он должен выполнить для своего производства. Соответственно будет и новая архитектура промышленных систем, которая может быть внедрена посредством цифровой модернизации существующих производственных мощностей. Конечно, создавать с "нуля" на новых предприятиях будет проще, но её можно поэтапно разворачивать на существующих предприятиях. Собственно, и в сегодняшней Индустрии 3.0 уже наблюдаются признаки очевидного перехода от жёсткого централизованного мониторинга и управления к децентрализованному подходу в этой части. В целом же к предпосылкам, сделавшим возможным развитие CPS, можно отнести рост числа устройств со встроенными процессорами и средствами хранения данных (сети, работающие во всех протяжённых технических инфраструктурах, медицинское оборудование, "умные" дома и пр.), а также Интернет вещей вместе с "умной" средой обитания (Smart Building Environment) и перспективными военными системами будущего, а также ограниченность когнитивных способностей человека, эволюция которого по динамике существенно уступает машинной. В один прекрасный момент человек уже не сможет справиться с объёмом информации, требуемой для принятия решений, и его необходимо вывести из контура управления (human out of loop), передав какую-то часть действий CPS. В ряде случаев CPS может усилить аналитические способности человека, и поэтому есть потребность в создании интерактивных систем нового поколения, сохраняющих человека в контуре управления (human in the loop).

Поскольку в основе Индустрии 4.0 лежит концепция Интернета вещей, каждый физический объект ("вещь") будет оснащён встроенной технологией, позволяющей ему взаимодействовать с другими объектами. Применительно к производству это может выглядеть так: каждая деталь имеет метку (например, радиометку, сделанную по RFID-технологии), содержащую информацию обо всех операциях, которые необходимо с ней произвести. Кстати, большое число датчиков уже сегодня регистрирует своё окружение с высокой точностью и массой различных параметров, а встроенные процессоры самостоятельно принимают решения независимо от центральной системы управления производством. Правда, пока ещё не создано интегрированное беспроводное сетевое взаимодействие всех производственных компонентов с постоянным обменом информацией, не сведены все данные от всех датчиков, чтобы идентифицировать какие-то сложные события или критические состояния производства, не освоено прогнозирование и планирование дальнейших действий исходя из полученной и проанализированной информации. Но когда всё перечисленное будет сделано, тогда и наступит окончательно время Индустрии 4.0.

Оперативное принятие CPS в развитых странах, получившее господдержку, имеет очевидное объяснение — имея доступ ко всему сущему, CPS критичны для обеспечения национальной безопасности. И конечно, обретение независимости от стран-фабрик — лишь небольшая часть из тех задач, что позволяют решать CPS. В реальности их потенциальная сфера применения гораздо шире. Они позволяют создать качественно новые здравоохранение, транспорт, энергетику и многое другое. В целом это должен быть "совершенно новый подход к производству". Индустрия 4.0 предполагает обмен данными между всеми участниками, которые задействованы в производственной цепочке: специалистами предприятия, оборудованием, информационными системами, роботами, продуктами и пр. Именно такие предприятия принято сегодня называть "умными". И именно на такие предприятия ориентируются сегодня лидеры промышленности. К примеру, немецкое правительство принимает "высокотехнологичную стратегию" для подготовки нации, но в целом Индустрия 4.0 должна и уже постепенно захватывает весь мир, хотим мы этого или нет. США последовали примеру Германии и создали некоммерческий консорциум Industrial Internet в 2014 г., которым руководят лидеры промышленности вроде General Electric, AT&T, IBM, Intel и в который входят уже 170 организаций. Цель некоммерческого объединения — устранение барьеров между различными технологиями для того, чтобы обеспечить максимальный доступ к большим данным (Big Data) и усовершенствовать интеграцию физической и цифровой среды.

Что касается России, то в августе 2015 г. на Международном авиакосмическом салоне МАКС-2015 "Российские космические системы" (РКС) и "Ростелеком" подписали меморандум о создании Ассоциации содействия развитию Промышленного интернета "Национальный консорциум Промышленного интернета". Стоит также упомянуть, что развитие IIoT объявлено стратегической целью Правительства РФ.

В чём заключается интеграция физической и цифровой среды? К примеру, каждый выпускаемый каким-либо производством продукт будет иметь в Индустрии 4.0 своего "цифрового близнеца". Вся информация об этом продукте, от чертежей и технологии производства до инструкции по настройке, правил техобслуживания и утилизации, будет оцифрована и доступна для считывания устройствами и людьми. А "жизнь" "цифрового близнеца" будет длиться вплоть до завершения срока службы изделия. "Цифровой близнец" продукта можно также рассматривать и как электронный паспорт изделия, в котором фиксируются все данные о материалах, испытаниях, произведённых операциях, что позволяет отслеживать и гарантировать качество продукции.

Важный компонент Индустрии 4.0 — гибкость и многофункциональность производственного оборудования. К примеру, один и тот же обрабатывающий центр может выполнять различные операции в зависимости от запроса поступившей к нему детали, автоматически подстраиваясь и изменяя свою конфигурацию. Уже сегодня на некоторых предприятиях инженер с помощью смартфона может перепрограммировать промышленного робота для выполнения той или иной производственной операции. К тому же в производство всё больше и больше интегрируются роботы, способные менять своё поведение и сотрудничать с человеком.





Подходя к станку, деталь сама "сообщит", что с ней делать, а после обработки автоматически переместится на следующий производственный участок. Появление у машин способности понимать определённую ситуацию приведёт к абсолютно новому уровню качества в промышленном производстве. Взаимодействие между большим числом отдельных компонентов позволит вырабатывать решения, которые ранее было невозможно запрограммировать на производственных установках. В свою очередь, операции по установке заготовки на станок и по её перемещению могут выполнять роботы. С внедрением интеллектуальных технологий в промышленности можно заняться сохранением ресурсов и сверхэкономичным производством, а также повысить надёжность и эффективность технологических процессов. По данным экспертов, в Германии производительность труда при реализации концепции может увеличиться на 30 %.

Не секрет, что потребители в большинстве отраслей ждут уникальный продукт, соответствующий их индивидуальным потребностям. Прошлогодние новинки мало кого интересуют — хочется получить всё самое свежее и инновационное — будь то автомобиль, смартфон, производственное оборудование, косметика или лекарство. Однако выпуск штучных товаров — дело дорогостоящее, и обеспечить конкурентоспособную цену для мелкой серии подчас невозможно. Зато Индустрия 4.0 позволяет, к примеру, производить единичный продукт по ценам массового, приближённого к себестоимости. И если перенастройка традиционных систем автоматизации — это сложный и затратный процесс, то для гибкого производства будущего такой проблемы не должно существовать в принципе. Управление процессом производства тоже может стать дешевле, к примеру, за счёт его перемещения в "облако", а также за счёт возможности прогнозирования процесса потребления продукта (ведь его "цифровая копия" и пожелания клиента у нас есть), что удешевит всю цепочку производства и поставки продуктов.

Важный аспект Индустрии 4.0 заключается в том, что вместо продукта можно продавать услугу по использованию его свойств. К примеру, порядок использования самолётов в Индустрии 3.0 предписывает проводить регламентные работы или замену двигателей в соответствии с предписанными инструкциями. Но реальная жизнь не всегда протекает в соответствии с ними или прошлым опытом двигателестроителей, и потому случаются непредвиденные отказы. С другой стороны, любой авиакомпании важен не сам двигатель, а штатно и надёжно работающий двигатель. Объекты Промышленного интернета будут самостоятельно контролировать свою работу и определять, когда они могут сломаться. В свою очередь, в рамках Индустрии 4.0 производитель, имеющий благодаря большому набору датчиков и "цифровой копии" полную картину функционирования каждого двигателя, может продавать не двигатель, а его ресурс (что будет дешевле и выгоднее для авиакомпании), своевременно проводя ремонтные работы или замену (т. е. когда нужно, а не когда предписано инструкцией). К тому же объединение данных, полученных из разных источников, позволяет достичь режимов эксплуатации, близких к оптимальным.

Кстати, об управлении. Ключевым фактором работоспособности киберфизической системы является соответствие реальности используемой в CPS модели. Классические встроенные системы, которые являются продуктами инженерии XX века, основаны на упрощённом представлении о свойствах природы и окружающей среды и, соответственно, на упрощённых моделях. Типовыми примерами подобного упрощения служат строительная механика и электротехника, представляющие собой вырожденные случаи моделей физики, адаптированные лишь к решению определённого круга задач. И сегодня причинами большинства техногенных катастроф становятся именно упрощённые модели. Ведь в какой-то момент складываются условия, не предусмотренные моделью. Но примерно так построены все действующие встроенные системы. Что же касается CPS, то это явление следующего порядка сложности, которое интегрирует в себе кибернетическое начало, компьютерные аппаратные и программные технологии, а также качественно новые исполнительные механизмы, встроенные в окружающую их среду и способные воспринимать её изменения, реагировать на них, самообучаться и адаптироваться. И для создания подобных систем, способных работать в реальном мире, будет нужна новая дисциплина — проектирование моделей (model engineering).

В отчёте известной консалтинговой компании BCG определены следующие девять технологических областей, составляющих фундамент Индустрии 4.0.

Горизонтальная и вертикальная системная интеграция. Индустрия 4.0 требует пересмотра отношения к данным и сетям. Сегодня это средство взаимодействия не только департаментов внутри предприятия, но и различных предприятий—партнёров по производственному циклу.

Интернет вещей. Устройства и встроенные датчики будут обмениваться информацией в режиме реального времени. Концепция так называемой Индустрии 4.0, которая всё больше распространяется в Европе, предполагает, что Интернет вещей изменит привычный нам производственный процесс.

Кибербезопасность. Без неё невозможно создание доверенной среды, в которой смогут работать миллиарды устройств и пересекающихся информационных потоков. ИТ-профессионалы уже создали различные защищённые протоколы и механизмы, но потребность в них скоро вырастет в тысячи раз.

"Облака". Задача поддержки множества типов устройств и датчиков, а также массы генерируемых ими данных наилучшим образом решается с помощью "облачных" сервисов, которые смогут обеспечить и требуемую скорость обработки данных, и масштабируемость решений. Уже сегодня многие промышленные системы мониторинга и контроля переезжают в "облака". Производительность "облачных" технологий будет расти, обеспечивая время реакции в единицы миллисекунд.

Анализ больших данных. Доступность данных по всем фазам и аспектам разработки, производства и испытаний продуктов добавляет новое измерение к пониманию производственного процесса и, соответственно, позволяет точнее планировать инновации, маркетинг и стратегию развития.

Моделирование. Имея в распоряжении большие данные и большую вычислительную мощность, предприятия смогут виртуально моделировать сценарии использования продукта, тем самым ускоряя их тестирование и расширяя инновационный процесс. В виртуальном мире неудачные решения будут выявляться быстро и обойдутся недорого.

Аддитивное производство (3D-печать). С наступлением Индустрии 4.0 методы аддитивного производства будут широко применяться для изготовления по индивидуальному заказу небольших партий продуктов, которые будут сочетать в себе преимущества сложных конструкций при минимальном весе. Высокопроизводительные децентрализованные системы аддитивного производства позволят снизить затраты на транспортировку и сократить складские запасы.

Дополненная реальность. Подобные системы (уже прокладывающие себе путь на рынок в виде Google Oculus Rift и Microsoft HoloLens) будут играть важную роль в повышении производительности труда и качества принятия решений. Примерами подобных приложений могут служить виртуальные тренинги и инструктаж прямо по ходу работы. Работники будут получать инструкции по замене неисправного узла непосредственно в тот момент, когда они рассматривают этот самый неисправный узел. Необходимая информация будет сразу демонстрироваться в поле зрения работника с помощью устройств дополненной реальности, например очков.

Роботы. Сегодня роботы в большинстве представляют собой механические руки, работающие на сборочных линиях, но их интеллект растёт, что позволяет с их помощью решать более сложные задачи, нежели выполнение сборочных операций.

Практическая область применения CPS разбивается на несколько основных сегментов: "умное" производство; "умные" сети и услуги; "умные" здания и инфраструктуры; "умный" транспорт; "умное" здравоохранение. К примеру, "умное" производство состоит из "умных" машин (SM — Smart Machines). Подобные машины самоуправляемы — они могут оценивать состояние окружающей среды, обнаруживать и исправлять ошибки — например, реагировать на износ оборудования. SM позволяет оптимизировать всё производство прежде всего за счёт создания единой системы, в которой машины могут обмениваться данными между собой в

режиме реального времени: обмен между оборудованием, расположенным непосредственно на производственных площадях и в логистической цепочке, включая бизнес-системы, поставщиков и потребителей; передача сведений о своём состоянии обслуживающему персоналу. При этом производственное оборудование, получая сведения об изменившихся требованиях, может само вносить корректировки в технологический процесс. На самом деле в инженерной практике ещё не было прецедентов создания систем, сравнимых по сложности с SM, поэтому сегодня возникает необходимость в проведении исследований, связанных с созданием методов для генерации моделей физической составляющей CPS, интерфейсов этих моделей с моделями вычислительных систем, способов сертификации и верификации. Иными словами, SM на базе CPS — вещь, безусловно, замечательная, но и неимоверно сложная. И согласится ли какая-либо авиакомпания получить назад не просто отремонтированный, но и модернизированный двигатель без проведения комплекса соответствующих испытаний и сертификаций?

Создание с помощью CPS более эффективных "умных" электросетей (Smart Grids) позволит предложить оптимальные решения по распределению мощностей, соответствующую экономическую эффективность, непрерывность снабжения, экологическую безопасность и защиту от террористических атак.

Создание "умных" транспортных систем (Smart Transportation) заключается, прежде всего, в создании полноценной связанной системы, включающей связь между машинами (Vehicle-to-Vehicle — V2V), а также между машиной и внешней окружающей её инфраструктурой (Vehicle-to-Infrastructure — V2I).

Между тем в революции Индустрии 4.0 существуют проблемы как с технической, так и социальной стороны. К примеру, максимизация плюсов четвёртой промышленной революции требует сложных коопераций, не ограничивающихся корпоративными границами, особенно когда дело доходит до того, чтобы все машины говорили на одном языке. И если незаконченный продукт прибудет на машину, которая элементарно не сможет считать его RFID-чип потому, что тот запрограммирован на другой частоте, производственный процесс превратится в хаос. Таким образом, определение общих платформ и языков, на которых свободно будут общаться машины разных корпораций, остаётся одной из основных задач в распространении CPS.

С другой стороны, чрезмерная однородность тоже может быть опасной. Следуя примеру Google, горстка влиятельных компаний может завладеть неестественным преимуществом в Индустрии 4.0. А другая группа может всё это обрушить, поскольку ещё одна серьёзная проблема — безопасность. Создание безопасных сетей — трудная задача, и интеграция физических систем с Интернетом делает их более уязвимыми к кибератакам. Как недавно выяснила "Лаборатория Касперского", 92 % подключённых к Интернету промышленных систем потенциально уязвимы для киберугроз. С развитием Индустрии 4.0 производственные процессы можно терроризировать удалённо, манипулируя протоколом производства или просто парализуя этот процесс. И по мере того, как "умные" заводы становятся всё более распространёнными, их безопасность будет становиться всё более злободневным вопросом.

Футурологи давно обсуждают избыточную природу человеческого труда и последствия того, что машины займут наши рабочие места, и Индустрия 4.0 только усугубляет эти страхи. И если, как предсказывают эксперты, за 20 лет почти половина рабочих мест современного мира будет автоматизирована, миллионы рабочих останутся без работы.

Один из основных стимулов продвижения Индустрии 4.0 заключается в желании конкурировать с производством в развивающихся странах, и широкомасштабное внедрение CPS в Европе и США может перевернуть ситуацию с распределением рабочей силы, эффективно "выдернув коврик" из-под промышленности развивающихся стран.

Тем не менее, в конце концов, кто-то ещё должен платить за поддержание всех машин в рабочем состоянии. Пусть человеческий труд заменяется машинами, и неважно, сколько будет производиться продукции, но если не найдётся никого, кто сможет её покупать, Индустрия 4.0 просто провалится.

В общем, риски Индустрии 4.0 связаны отнюдь не только со сложностью SM или тотальной интеллектуализацией "вещей". Кто поручится, что однажды можно будет, к примеру, отключить от собственного производства целую страну? Ведь если все производственные компоненты живут сами по себе, управление производством находится где-то в "облаке", а объединяющий всё это Интернет не гарантирует защиты, то любой представитель Индустрии 3.0 может сказать представителю Индустрии 4.0 словами героя Анатолия Папанова из "Берегись автомобиля": *"У тебя ничего нет, ты — голодранец..."*.

*По материалам **Ростелеком, CNews, PCWeek, Открытые системы, Hi-News. ru, www.energyland.info, www.up-pro.ru/library/opinion/ industriya-4.0. html.***

Альтернатива "польской сетке"

Н. КАЛИТЁНКОВ, В. ЛЕБЕДЕВ, В. МИЛКИН, А. ШУЛЬЖЕНКО,

г. Мурманск

Авторы сконструировали предлагаемую в статье антенну взамен широко распространённой, но обладающей рядом недостатков телевизионной антенны, известной под названием "польская сетка". По их мнению, предложенная антенна превосходит её как по электрическим параметрам, так и по технологичности изготовления и надёжности в работе.

В статье [1] была предложена эффективная телевизионная антенна горизонтальной поляризации, с повышенным коэффициентом усиления для работы на одном из каналов эфирного телевидения или в радиолюбительском диапазоне 430 МГц. Благодаря низкому КСВ в рабочем диапазоне частот не исключено её использование и в качестве передающей.

Полотно этой антенны представляет собой синфазную антенную систему из двух ромбовидных элементов, разнесённых в вертикальной плоскости. Половины ромбовидных элементов разомкнуты в вершинах, лежащих на вертикальной оси. В основе построения полотен из ромбовидных элементов автором реализовано техническое решение синфазно возбуждаемой комбинации последовательности отдельных вибраторов известной антенны Шире-Мезни ([2], рис. 4.2,г).

Прототипом знаменитой зигзагообразной антенны К. П. Харченко, многократно описанной на страницах журнала "Радио", послужила антенна [3]. Длина сторон ромбовидных элементов её активного полотна равна $0,5\lambda_{ср}$. Элементы полотна антенны сделаны из провода диаметром 1,5...4,5 мм, расположены на расстоянии $(0,1...0,2)\lambda_{ср}$ от сетчатого рефлектора, закреплены на изолирующей планке из оргстекла или стеклотекстолита, которая резьбовыми шпильками прикреплена к рефлекторной сетке. Полотно антенны симметричное и имеет центральное питание.

В [3] подробно описана конструкция применённого для питания антенны симметричного двухпроводного согласующего устройства, в том числе в версии с использованием редкого ныне ленточного кабеля КАТВ с последующим подключением к пластинчатому антенному усилителю. В статье также изложен оригинальный способ настройки узла согласования антенны с двухпроводной линией питания с помощью замкнутого согласующего шлейфа.

Ранее была запатентована проволочная антенна с подобным полотном из разомкнутых ромбовидных элементов, разнесённых в вертикальной плоскости и подключённых к двухпроводной линии питания [4]. Отличительная особенность этой антенны — использование в качестве рефлектора аналогичного полотна, на несколько процентов увеличенного в размерах и размещённого на расстоянии $0,25\lambda_{ср}$ за активным полотном. Перед активным полотном на расстоянии $0,25\lambda_{ср}$ установлено в качестве директора такое же полотно, на несколько процентов уменьшенное в размерах.

РАДИО®

ВИДЕОТЕХНИКА

тел. 608-83-05 Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru

Рассмотренные антенны действительно эффективны, функционально понятны и просты в реализации, но используются очень редко. Вероятнее всего, они не востребованы из-за низкой технологичности и недостаточной эксплуатационной надёжности. А в нынешнее время не малую роль играет и непритязательность многих потребителей к реальным характеристикам антенн, их склонность к приобретению наиболее дешёвых и модных изделий. Убедительным примером могут быть антенны типа "польской сетки", уверенно гипнотизирующие уже поколение приобретателей антенн для приёма телевизионных передач дециметрового диапазона с перспективой использования для приёма цифрового телевидения.

0,2λmax
0,2λmin
AA
0,2λmax

Рис. 1

Преимущества у этих дешёвых, массовых и востребованных антенн всё-таки есть, и связаны они с удачным использованием четырёхэтажной фазированной антенной решётки с пассивным рефлектором при классической коммутации составляющих её антенн. Этажное расположение четырёхдиректорных антенн заметно сужает суммарную диаграмму направленности в вертикальной плоскости и повышает коэффициент усиления. Уширенный рефлектор с боковыми створками не только участвует в улучшении электрических характеристик, но и за счёт рёбер жёсткости повышает механическую надёжность всего устройства.

Однако недостатки, для многих потребителей становящиеся определяющими, настораживают и вызывают жёсткую критику. Ввиду низкой эффективности этой антенны на многих участках телевизионного диапазона частот её неотъемлемой частью служит антенный усилитель Его вход не имеет никакой защиты от перегрузок, поэтому повредить такую антенну может любая непогода с грозой. Нелинейность усилителя часто приводит к интерференционным помехам при приёме телевизионных передач. Особенно, если в условиях отсутствия надёжной информации и разумных рекомендаций усилитель выбран из широкого ассортимента имеющихся случайным образом. Из-за разрушения пластиковых деталей антенны от ультрафиолетового облучения и ненадёжного крепежа случается и выпадение директорных структур, за счёт чего снижается коэффициент усиления антенны.

Однако потенциал поиска альтернативных "польской сетке" технических решений, не уступающих ей как по электрическим параметрам, так и по габаритам, но более простой и надёжной конструкции, далеко не исчерпан. Предлагаемая ниже широкополосная направленная зигзагообразная квазишунтовая антенна может стать вариантом антенны для приёма цифрового телевидения в дециметровом диапазоне волн [5].

Отличительная особенность этой антенны — её активное полотно симметрично перегнуто по линии, перпендикулярной к плоскости, проходящей через его общую диагональ, и расположено перед рефлектором с уклонами плоскостей верхних и нижних ромбов к центру. Уклоны образованы за счёт разности расстояния незамкнутых вершин ромбов в центре антенны от рефлектора, соизмеримого с 0,2 минимальной длины волны рабочего диапазона (λ_{min}) и расстояния незамкнутых внешних вершин ромбов от рефлектора, соизмеримого с 0,2 максимальной длины волны этого диапазона (λ_{max}).

Длина рёбер ромбов полотна равна $0{,}5\lambda_{ср}$, как и у предложенной в [1] антенны, но они выполнены в виде набора проводников, которые расположены в плоскостях своих ромбических элементов. Проводники сведены в незамкнутых вершинах ромбов, а в удалённых от общей диагонали вершинах веерно разведены на расстояние около $0{,}1\lambda_{max}$ и замкнуты между собой перемычками. Средние части проводников, образующих рёбра, также соединены перемычками между собой, а проводниками-шунтами, лежащими в плоскости, перпендикулярной вертикальной оси рефлектора, — с точками на этой оси.

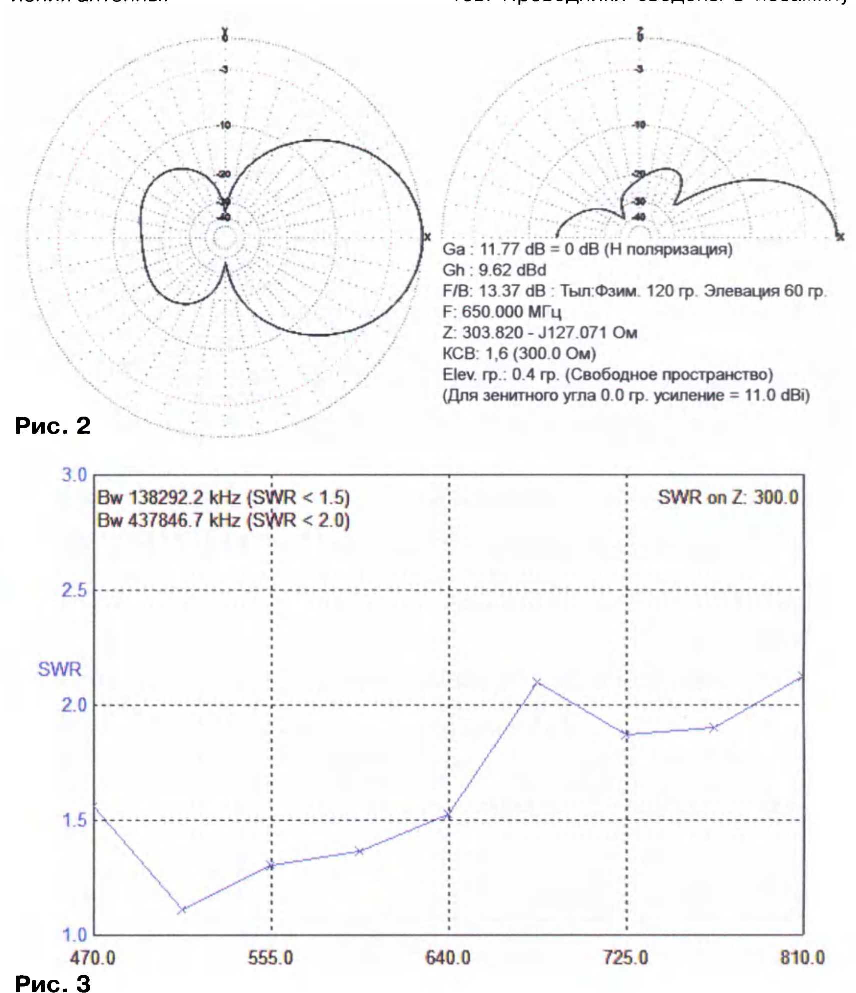


Рис. 2

Рис. 3

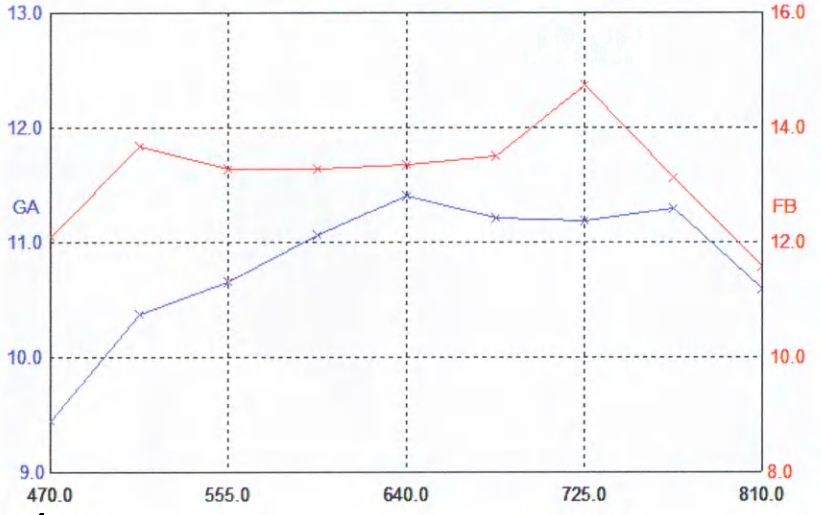


Рис. 4

Соединение точек питания антенны с коаксиальным кабелем снижения может быть выполнено через антенный усилитель (если телевизионный сигнал слишком слаб), но проще всего присоединить кабель непосредственно к антенне через типовой широкополосный балун 300/75 Ом.

Широкополосная направленная зигзагообразная квазишунтовая антенна эскизно показана на **рис. 1**. В отличие от других конструкций, здесь наглядно выделяются диапазонное устройство ромбических элементов за счёт уширения структур проводников сторон и изменение расстояния от активного полотна антенны до рефлектора по длине полотна.

В низкочастотной части рабочего диапазона длина рёбер ромбов соизмерима с $0,25\lambda_{max}$. Разомкнутые вершины ромбов зашунтированы соединёнными у рефлектора проводниками-опорами. Более короткие проводники-опоры, замкнутые у рефлектора, шунтируют точки питания А-А ромбических элементов и нормализуют входное сопротивление антенны. В этой части диапазона антенна работает подобно классической биквадратной рамочной антенне Харченко с повышенным входным сопротивлением.

В высокочастотной части рабочего диапазона антенна работает подобно классической укороченной ромбической антенне со сведением диаграмм направленностей поперечно расположенных ромбов за счёт угла между ними. В среднечастотной части рабочего диапазона с рёбрами ромбов длиной, соизмеримой с $0,5\lambda_{ср}$, антенна работает в промежуточном между двумя описанными режиме с увеличенной апертурой. Шунты обеспечивают искусственные нулевые точки и гальваническое соединение активного элемента антенны с обычно хорошо заземлённым рефлектором, а также за счёт V-образной конфигурации участвуют в работе антенны с поляризацией, соответствующей поляризации активного полотна.

Активное полотно симметрично перегнуто и расположено перед рефлектором с уклонами к центру. Это обеспечивается за счёт изменения расстояния между ромбическим элементом и рефлектором от $0,2\lambda_{min}$ до $0,2\lambda_{max}$, что создаёт зависимость положения рабочих зон активного полотна и рефлектора от рабочей частоты, а также обеспечивает сведение диаграмм направленностей половин активного полотна. Всё это в комплексе позволяет получить широкополосную антенну с двукратным перекрытием по частоте, и КСВ в этой полосе — не более 2. Обеспечивается однонаправленность приёма с большим отношением фронт/тыл. Конструкция антенны не требует применения изоляторов.

Работа широкополосной направленной зигзагообразной квазишунтовой антенны промоделирована с помощью программы MMANA в диапазоне частот 475...825 МГц. На **рис. 2** изображена расчётная диаграмма направленности антенны на частоте 650 МГц. В горизонтальной плоскости она имеет ширину 60°, в вертикальной плоскости — 34° (по уровню –3 дБ).

На **рис. 3** изображена зависимость КСВ антенны от частоты при волновом сопротивлении снижения 300 Ом. Лишь на высокочастотном краю диапазона он немного превышает 2, что свидетельствует о хорошем согласовании.

Синей линией на **рис. 4** изображена расчётная зависимость коэффициента усиления антенны от частоты. Он изменяется в интервале 9,5...11,5 дБ с максимумом в районе центральной частоты рабочего диапазона. Красной линией изображена разность коэффициентов усиления при приёме сигналов с основного направления и из противоположного ему сектора шириной 120°. В большей части диапазона эта разность превышает 13 дБ.

Описанная антенна для работы в диапазоне от 470 до 810 МГц была изготовлена на основе рефлектора "польской сетки", уменьшенного по ширине до 36 см за счёт отрезания участков поперечных проводников его боковых створок от крайних до следующих вертикальных стоек. Для простоты изготовления рёбра ромбических элементов были выполнены из алюминиевых пластин толщиной 2 мм (**рис. 5**). Продольные "проводники" имеют ширину 4...6 мм, а перемычки между ними — 8...10 мм. Для изготовления полотна антенны требуется

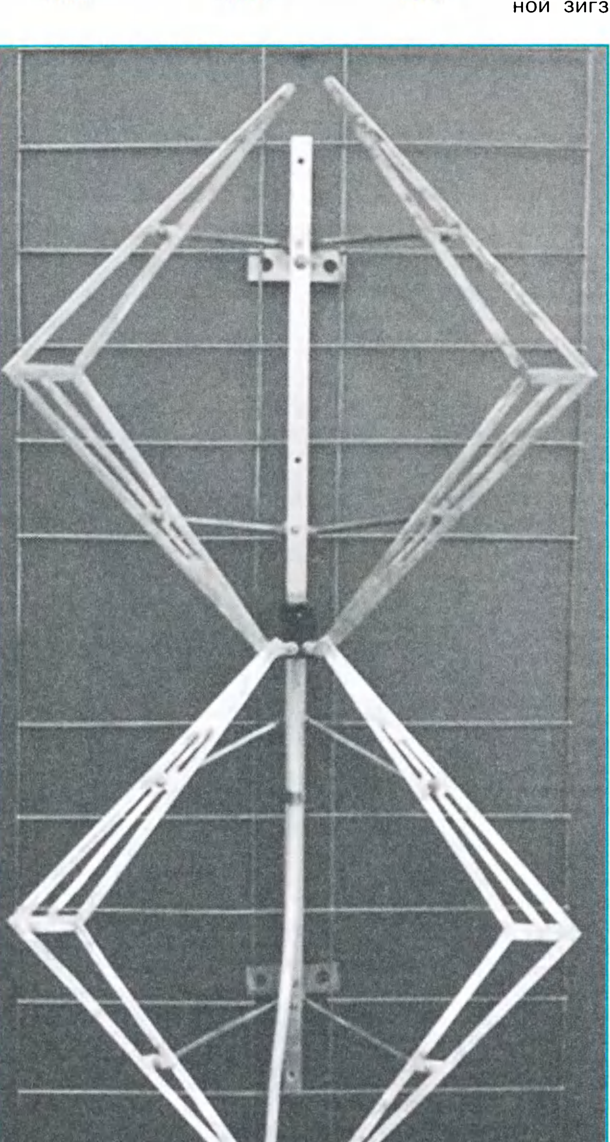


Рис. 5

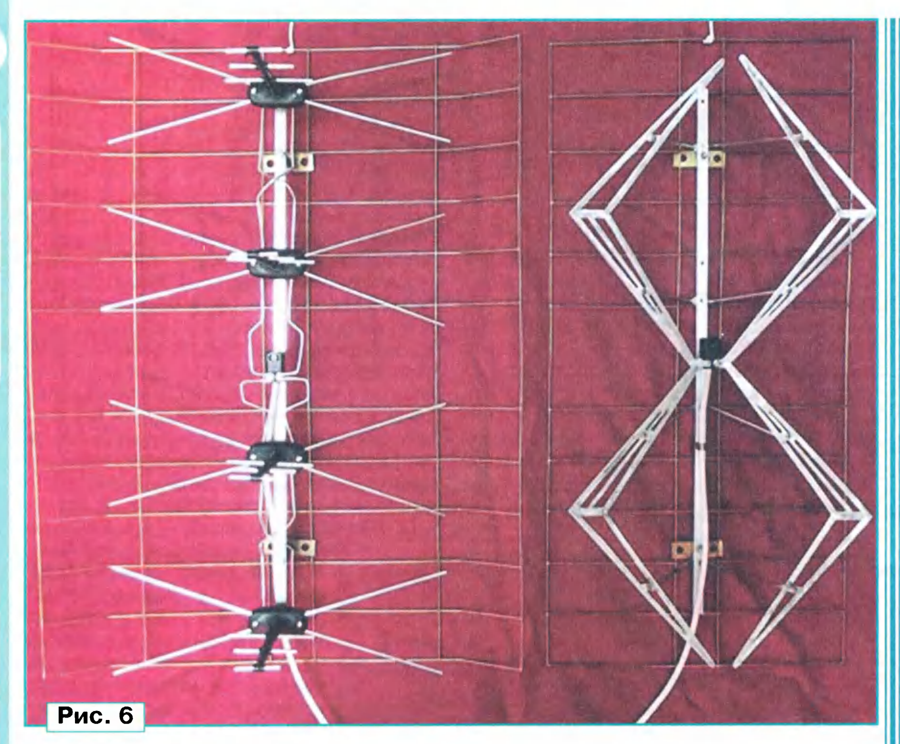


Рис. 6

четыре идентичных полуромба с длиной рёбер 252 мм.

Не исключено крепление ромбических элементов к согнутой в месте расположения точек питания планке из оргстекла или стеклотекстолита, прикреплённой резьбовыми шпильками к рефлекторной сетке. Но в этом случае необходимо дополнительно соединить средние части сторон ромбов с рефлектором расположенными перпендикулярно плоскости последнего проводниками-шунтами. Кроме того, необходимо обеспечить расстояние от точек питания полотна до рефлектора 60 мм, а от разомкнутых вершин ромбов до рефлектора — 140 мм.

Наиболее технологично, надёжно и практично было бы закрепить активный элемент на самих проводниках-шунтах, выполненных в виде шпилек двух размеров с резьбой на концах. Расстояния от плоскости рефлектора до перемычек на сторонах ромбов должны быть равны соответственно 135 и 105 мм. Для крепления шпилек к рефлектору можно использовать алюминиевую трубу прямоугольного сечения от "польской сетки" или алюминиевый уголок.

Чтобы зафиксировать расчётное разведение полуромбов на 15 мм в разомкнутых вершинах, в этих местах между ними можно вставить диэлектрические распорки, закрепив их отрезками термоусаживаемой трубки подходящего диаметра.

Сведённые в центре верхний и нижний ромбы скрепляют между собой винтами М3 с гайками. При присоединении коаксиального кабеля снижения через балун они будут дополнительно зафиксированы за счёт штатного крепления к последнему.

Для сравнения на фотоснимке **рис. 6** рядом изображены "польская сетка" и описанная антенна.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Филичев Ю.** Зигзагообразная активная антенна ДМВ с разомкнутыми элементами. — Радио, 2012, № 3, с. 8—11.
2. **Ротхаммель К., Кришке А.** Антенны, т. 1. — М.: ЛАЙТ Лтд, 2000.
3. **Харченко К.** Диапазонная антенна. — Патент SU № 138277 от 01.01.1961.
4. **Сомов А., Шаповалов Е.** Проволочная антенна. — Патент на изобретение № 2189093 от 10.09.2002.
5. **Милкин В., Калитёнков Н., Лебедев В., Шульженко А., Боброва К.** Широкополосная направленная зигзагообразная квазишунтовая антенна. — Решение о выдаче патента от 21.01.2016 по заявке на изобретение № 2015108979 от 13.03.2015.

Памяти В. Д. Меркулова



26 июля с. г. на 80-м году ушёл из жизни автор журнала "Радио", большой друг редакции **Владимир Дмитриевич МЕРКУЛОВ**. Читателям нашего журнала он запомнился по интересным обзорам выставок Hi-Fi show, CeBIT, CES, IFA, HDI show из Берлина, Ганновера, Лас-Вегаса, на многих из них он лично присутствовал в качестве внештатного корреспондента журнала. Поэтому его статьи, посвящённые выставкам, были насыщены яркими подробностями, которые вряд ли можно почерпнуть даже из официальных буклетов. Но наибольший успех у читателей Владимир Дмитриевич как автор получил после публикации статей на исторические темы: о создании первых транзистора и микросхемы, об открытии явления "радио" и его первооткрывателе Александре Степановиче Попове. В конце XX — начале XXI веков усилились споры на тему: кто же "изобрёл" радио — А. С. Попов или Г. Маркони? В своих статьях Владимир Дмитриевич аргументированно доказал, что первооткрыватель радио — А. С. Попов. Владимир Дмитриевич на свои средства приобрёл в Лондоне копии патентов и доклада Г. Маркони на церемонии присуждения Нобелевской премии, а в статье рассказал об ошибочных суждениях автора доклада и патентов.

Владимир Дмитриевич оказывал спонсорскую помощь редакции, в частности, финансируя приобретение призов для ветеранов Великой Отечественной войны — участников Мемориала "Победа", который проводят совместно редакция и Союз радиолюбителей России.

Владимир Дмитриевич был человеком неиссякаемой энергии, заряжая всех своим оптимизмом, — таким он останется в нашей памяти.

Редакция выражает искренние соболезнования его родным и близким.

Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru тел. 608-83-05

Оптимизация тока покоя выходного каскада на полевых транзисторах

И. РОГОВ, г. Ростов-на-Дону

В статье представлены результаты экспериментальных исследований по влиянию тока покоя выходного каскада на популярных полевых транзисторах на уровень нелинейных искажений в УМЗЧ. При анализе полученных результатов учтён фактор спектра и введён критерий оптимальности. Автор показал, что существует оптимальный ток покоя, при котором искажения, вносимые выходным каскадом, работающим в режиме класса АВ, относительно малы в сравнении с искажениями предыдущих каскадов, построенных по структуре, аналогичной схеме Лина.

К настоящему времени конкуренция в применении биполярных и полевых транзисторов в мощных каскадах линейных усилителей не ослабевает. Полевые транзисторы (ПТ) в общем случае также требуют стабилизации тока покоя, как и биполярные (БТ). Тем не менее у ПТ есть область характеристики $I_c = F(U_{зи})$, в которой рабочая точка достаточно хорошо термостабилизирована в широком интервале температур. Однако эта область часто не соответствует требуемому режиму приборов (класса А или АВ).

Известный разработчик звуковой аппаратуры Д. Селф писал, что ток покоя выходного каскада на биполярных транзисторах может быть небольшим и оптимальным [1], а выходные транзисторы должны работать в режиме, близком к классу В. Тогда крутизна передачи каскада изменяется незначительно и линейность выходного каскада максимальна.

Для мощных полевых транзисторов Д. Селф отмечает существенный разброс напряжения $U_{зи}$, что усложняет схему стабилизации режима. Более того, он отмечает, что в части нелинейных искажений ПТ в мощных двухтактных каскадах не имеют преимуществ, особенно в выборе оптимального тока покоя, из-за линейного роста крутизны от тока. Тем не менее отсутствие вторичного пробоя, высокая скорость переключения ПТ (в режиме класса АВ) стали причиной более широкого их применения в транзисторных усилителях мощностью более 40...50 Вт.

В последние годы выделились наиболее популярные типы комплементарных ПТ, используемые в УМЗЧ. Автор настоящей статьи решил проверить возможность обоснованного выбора оптимального тока покоя для мощных полевых транзисторов в режиме класса АВ. Поэтому логично было провести экспериментальную проверку влияния тока покоя выходного каскада на его искажения.

Для этой цели был использован высококачественный УМЗЧ, собранный по схеме, близкой к структуре УМ Лина (Lin H. M.), с полевыми транзисторами в выходном каскаде. Чтобы легче было измерять величину искажений, глубина общей ООС была уменьшена на 30 дБ. Для линеаризации каскада усиления напряжения усилителя, вносящего наибольшие искажения, была введена местная ООС глубиной 12 дБ. Такая модернизация позволила более чётко выделить искажения, вносимые выходным каскадом усилителя. Цель оптимизации — получить достаточно низкие искажения, вносимые выходным каскадом при сравнительно небольшом токе покоя.

При всестороннем изучении искажений, вносимых выходным каскадом, измерялись следующие виды искажений:

— коэффициент гармоник;

— коэффициент интермодуляционных искажений, использующий стандартный метод SMPTE с частотами 60 Гц и 7 кГц при соотношении амплитуд 4:1;

— коэффициент гармоник, нормированный к номеру гармоники и вычисленный для первых одиннадцати гармоник:

$$K_{Г\ нормированный} = \frac{\sqrt{\Sigma\left(U_k^2 \cdot \frac{k^2}{4}\right)}}{U_1}.$$

Последний коэффициент используется радиолюбителями сравнительно редко и также редко появляется на страницах журналов. Однако в нём есть необходимость, так как этот коэффициент позволяет оценить ширину спектра искажений и относительную амплитуду гармоник высокого порядка. Известно, что чем выше номер гармоники, тем более она заметна и неприятна на слух. Поэтому для сравнения спектров вычислялся коэффициент, который можно назвать "фактор спектра" (ФС):

$$ФС = \frac{K_{Г\ нормированный}}{K_Г}.$$

Фактор спектра показывает ширину спектра искажений. Если в спектре присутствует только вторая гармоника, то ФС=1. Большие значения ФС соответствуют присутствию в спектре искажений большего числа высших гармоник. На **рис. 1** показана зависимость фактора спектра от ширины спектра сигнала (для построения графика использованы результаты проведённых измерений). Реальный спектр искажений при больших значениях фактора спектра содержал гармоники значительной амплитуды, вплоть до двадцатой.

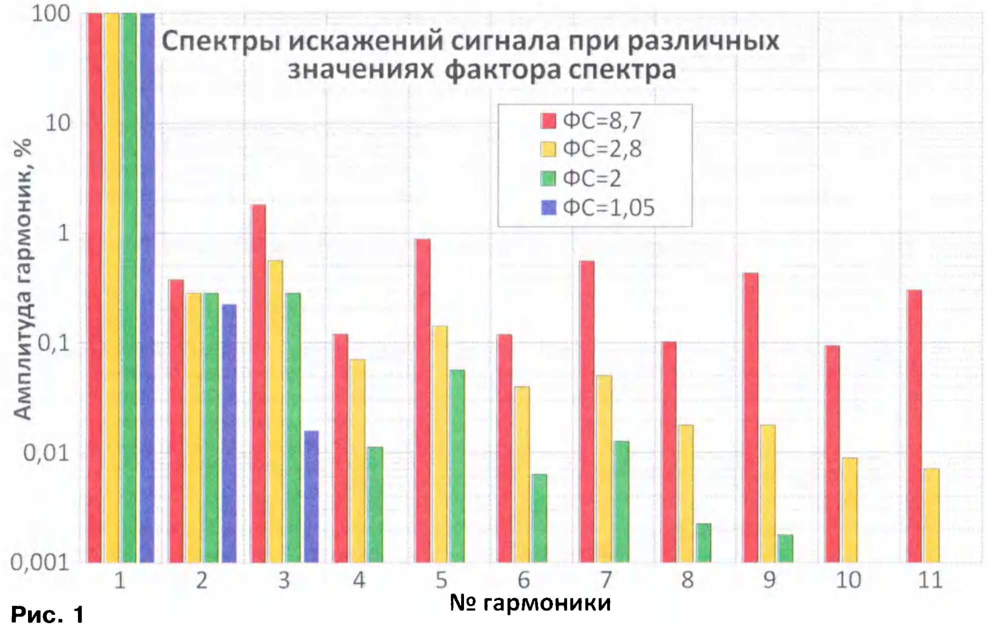


Рис. 1

Для измерений были использованы звуковая карта EMU-0404 и компьютерная программа SpectraPLUS. Коэффициенты гармоник и интермодуляционных искажений вычислялись программно по встроенным алгоритмам. Нормированный коэффициент гармоник вычислялся на основе амплитуд гармоник, выдаваемых программой.

В исследовании участвовали наиболее популярные полевые транзисторы [2—7]:

— IRFP240/IRFP9240 (International Rectifier);

тел. 608-83-05
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

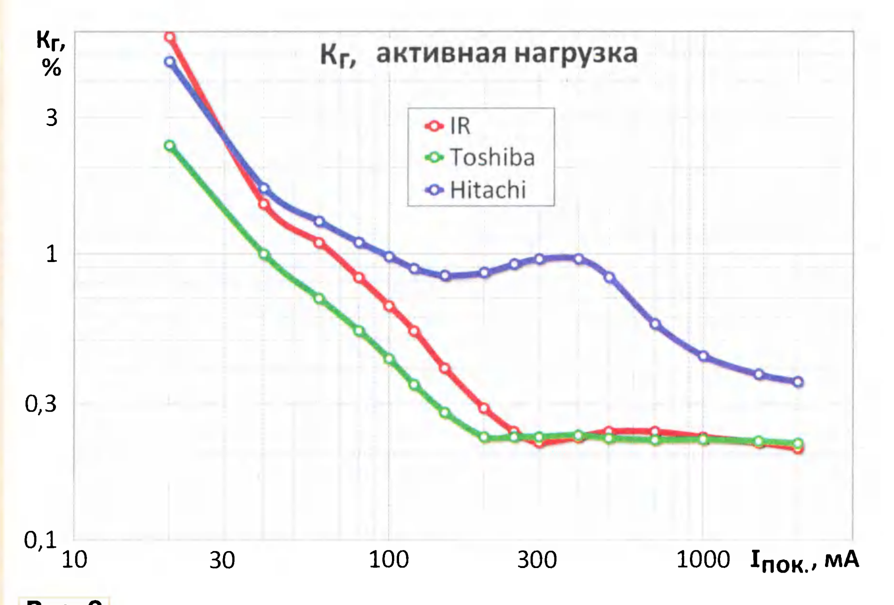


Рис. 2

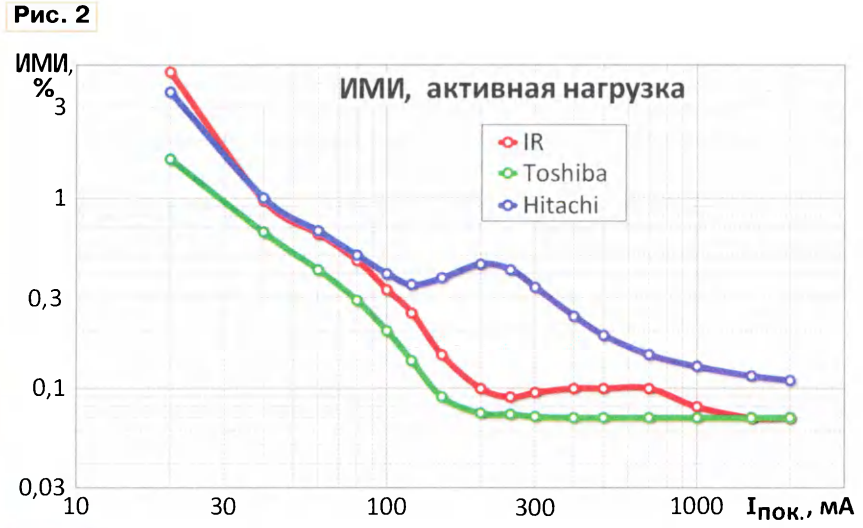


Рис. 3

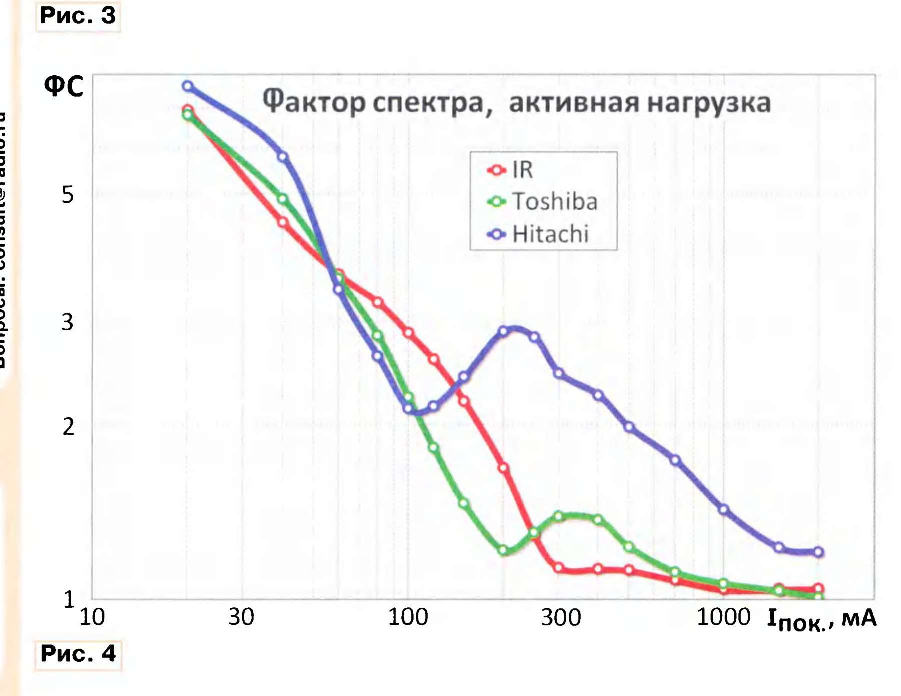


Рис. 4

— 2SJ201/2SK1530 (Toshiba);
— 2SJ162/2SK1058 (Hitachi).

Во всех случаях были измерены две-три пары однотипных транзисторов. Результаты не усреднялись, но разброс результатов для однотипных транзисторов был несущественным. Подбор транзисторов в пары не проводился.

Измерения проведены для двух типов нагрузки: активной сопротивлением 6 Ом и сложной комплексной, имитирующей реальные акустические системы.

Нелинейные — гармонические ($K_г$) и интермодуляционные (ИМИ) — искажения выходных транзисторов на активной нагрузке показаны на **рис. 2** и **рис. 3**.

Хорошо видно, что при увеличении тока покоя величина искажений, вносимых выходным каскадом, снижается. Вместе с искажениями снижается и значение фактора спектра (**рис. 4**). Это означает, что в спектре искажений снижается содержание гармоник высоких порядков, и это положительно сказывается на звучании. При условии, что выходной каскад остаётся работать в режиме класса АВ, можно легко найти оптимальный ток покоя, при котором искажения невелики и при дальнейшем увеличении тока снижения искажений практически не происходит. Оптимальный ток получается равным 300 мА для транзисторов International Rectifier, 200 мА — для транзисторов Toshiba и 120 мА — для транзисторов Hitachi. Последние из перечисленных транзисторов значительно отличаются по уровню искажений. Надо сказать, что они отличаются и по технологии изготовления, имеют более линейные проходные характеристики при меньшем пороговом напряжении, что было учтено при выборе напряжения смещения для выходного каскада усилителя.

Гармонические и интермодуляционные искажения выходных транзисторов при работе на комплексную нагрузку показаны на **рис. 5** и **рис. 6**. Для фактора спектра зависимость от тока покоя выходного каскада показана на **рис. 7**.

Для комплексной нагрузки также характерно наличие оптимального тока покоя, близкого по значениям к оптимальному току на активной нагрузке.

Интересно отметить, что при увеличении тока покоя выше оптимального значения искажения выходного каскада в ряде случаев растут. Вполне возможно, что здесь проявляется влияние изменения крутизны выходного каскада, описанное Д. Селфом.

Важность параметра "фактор спектра" можно продемонстрировать на таком примере. На рис. 5 у транзистора Toshiba значения коэффициента гармоник ($K_г$) и интермодуляционных искажений при токах покоя 250 и 2000 мА практически равны. Из этого можно сделать вывод, что выходные транзисторы при таких токах работают совершенно одинаково. Однако значения фактора спектра (ФС) для этих токов различны — ФС (250 мА) = 2,6 и ФС (2000 мА) = 1,08. И спектры искажений в этих случаях разные. Они близки к спектрам, показанным на рис. 1 линиями жёлтого и синего цветов. Спектр искажений при токе покоя 250 мА содержит как минимум девять гармоник заметной амплитуды, тогда

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
тел. 608-83-05

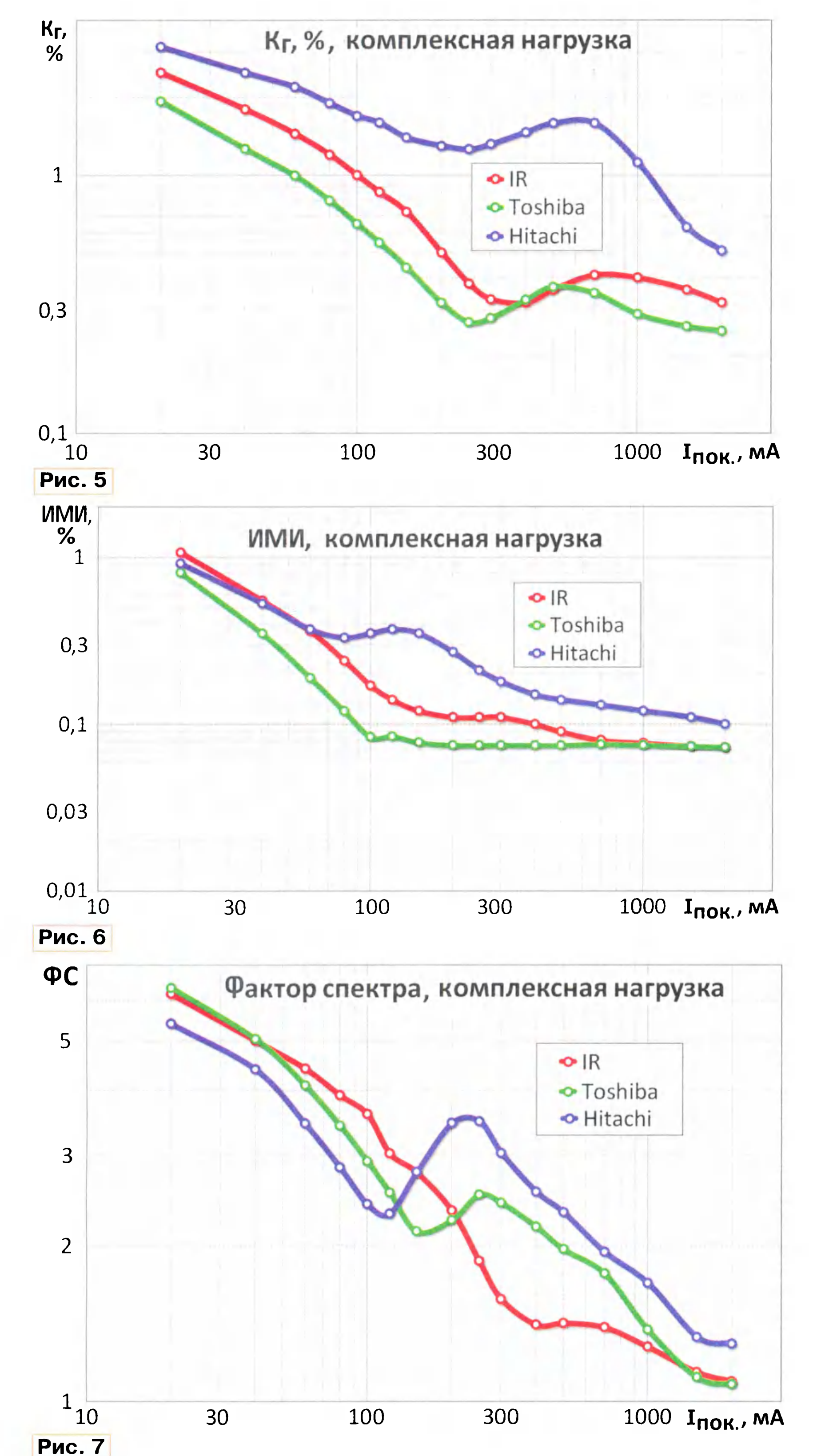


Рис. 5

Рис. 6

Рис. 7

как спектр при токе 2000 мА содержит только вторую и третью гармоники.

Транзисторы различных производителей демонстрируют совершенно разное поведение. Это позволяет сделать вывод, что несмотря на примерно одинаковые основные параметры транзисторов их свойства сильно различаются. Однотипные транзисторы имеют очень близкие свойства. На **рис. 8** показаны характеристики, измеренные на двух разных парах однотипных транзисторов. Различие лежит в пределах погрешности измерений.

Для более полного исследования и исключения случайности полученных результатов был проведён ряд дополнительных измерений. С целью их упрощения измерялся только коэффициент гармоник, который хорошо отражает нелинейность выходных транзисторов. Исследованы транзисторы 2SJ201/2SK1530 фирмыToshiba. На **рис. 9** показана зависимость коэффициента гармоник от тока покоя для различных значений сопротивления активной нагрузки. В целом зависимость сохраняется, и значение оптимального тока покоя можно считать неизменным.

На **рис. 10** показана зависимость коэффициента гармоник от тока покоя на активной нагрузке для различных значений выходного напряжения. Графики пересекаются в одной точке: чем меньше выходное напряжение, тем выше относительные искажения "ступенька" при малом токе покоя; с другой стороны — меньшее выходное напряжение создаёт меньшую нелинейность выходных транзисторов (у полевых транзисторов крутизна зависит от напряжения) и, следовательно, меньшие искажения при достаточно большом токе. И снова графики демонстрируют примерно то же значение оптимального тока покоя.

Две последние зависимости коэффициента гармоник от температуры выходных транзисторов и от частоты тестового сигнала (**рис. 11** и **рис. 12**) показывают, что ни один из этих факторов не влияет на поведение транзисторов. Так что полученные результаты (см. рис. 2—7) верны при любых условиях работы усилителя.

Если сравнить зависимости $K_г$ от тока покоя, то можно заметить, что на всех графиках искажения снижаются примерно до 0,25 %, и дальше уменьшения нет. Это происходит потому, что искажения в выходном каскаде становятся меньше искажений во втором по уровню нелинейности узле усилителя — в каскаде усиления напряжения (драйвере), который и имеет искажения около 0,25 %. Однако на правильность выводов эта ситуация не влияет.

Как только искажения выходного каскада стали меньше, чем каскада усиления напряжения, оптимальный ток покоя для режима класса АВ (по коэффициенту гармоник) найден — главный вклад в искажения усилителя в целом вносит другой узел, следовательно, и ток выходного каскада в дальнейшем увеличении не нуждается.

Каскад усиления напряжения дополнительно линеаризован на 12 дБ. Так что если искажения выходного каскада стали меньше, чем у линеаризованного усилителя напряжения, то уж наверняка они будут гораздо меньше искажений "обычного" драйвера. И их вклад в общие искажения усилителя будет весьма мал.

Тот факт, что при дальнейшем увеличении тока покоя сверх оптимального значения с выходным каскадом происходят какие-то изменения, показывает фактор спектра — при дальнейшем увеличении тока покоя спектр искажений сужается, уменьшаются и амплиту-

РАДИО®
ЗВУКОТЕХНИКА
тел. 608-83-05
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 9, 2016

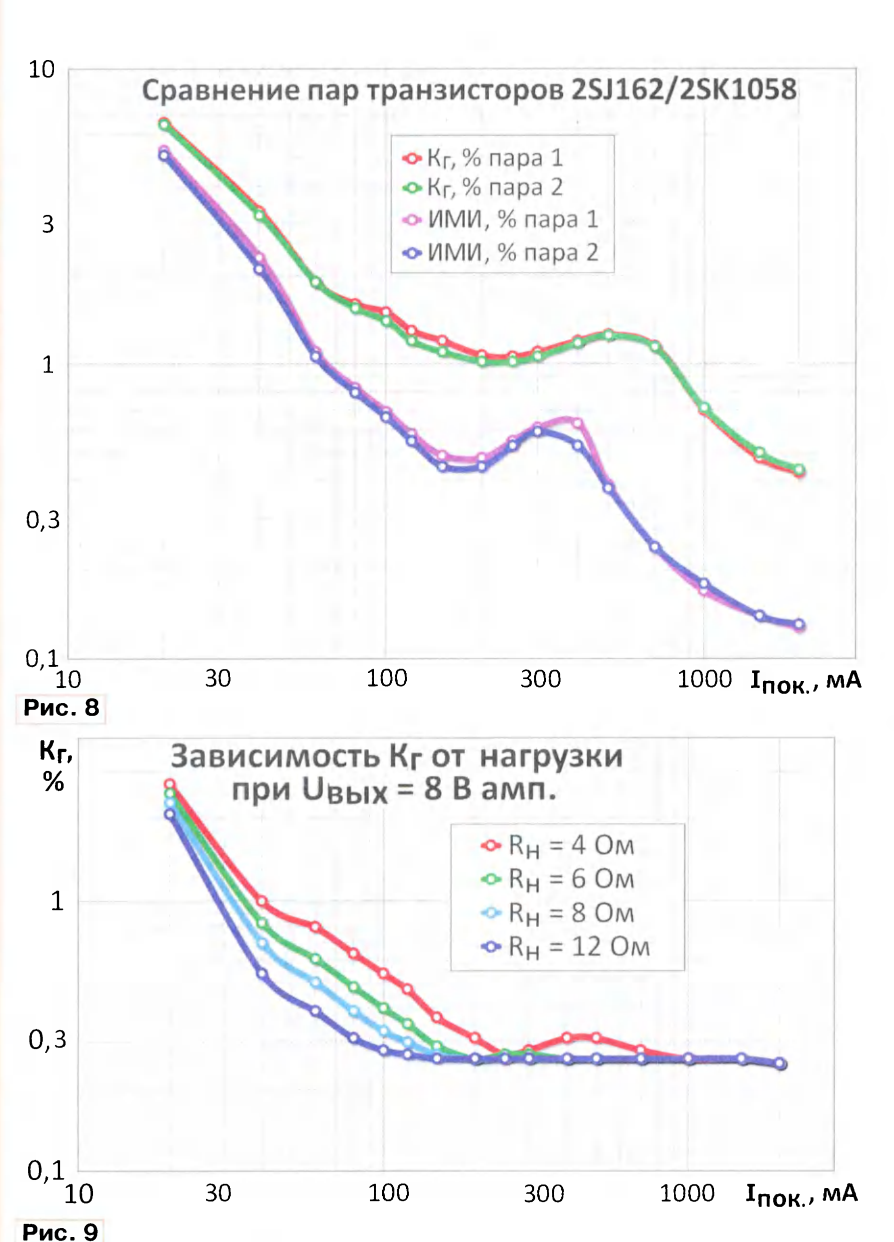


Рис. 8

Рис. 9

Зависимость Кг от амплитуды выходного сигнала при Rн = 6 Ом

Кг, %

Uвых = 4 В
Uвых = 8 В
Uвых = 12 В
Uвых = 16 В

3
1
0,3
0,1
10
30
100
300
1000
Iпок., мА

Рис. 10

ды гармоник. Так что минимум искажений явно не достигнут, но достигнут оптимум тока покоя, когда искажения выходного каскада уже достаточно малы.

В качестве иллюстрации оптимальности полученных значений можно привести результаты применения теории оптимизации к данной задаче. Целевая функция получается следующим образом. Выбираем две переменные — например, ток покоя и коэффициент гармоник. Обе они проявляют свойство: чем меньше значение, тем лучше. Следовательно, для оптимизации переменные следует перемножать и искать минимум целевой функции. Поскольку в исследуемом интервале величина $K_г$ изменяется на порядок, а ток покоя — на два порядка, то переменные следует привести к одному масштабу изменения, чтобы переменная, изменяющаяся сильнее, не "перетягивала на себя" результат. Для этого следует из значения тока покоя извлечь квадратный корень, что сблизит интервалы изменения обоих параметров. Таким образом, получаем мультипликативный (минимаксный) критерий оптимальности (КО):

$$КО = K_г \cdot \sqrt{I_п}.$$

Результат графически продемонстрирован на **рис. 13**. Он полностью согласуется с выводами, сделанными выше. Подобную процедуру можно проводить и с другими представленными на рис. 13 переменными, для которых можно ввести свои весовые коэффициенты.

Итак — выводы.

1. Искажения, вносимые выходным каскадом УМЗЧ, существенно зависят от тока покоя выходных полевых транзисторов.

2. Наименьшие искажения наблюдаются при работе в режиме класса А, что полностью согласуется с теорией. В режиме класса В искажения существенно выше, чем в АВ. С ростом тока покоя искажения в общем случае уменьшаются.

3. Существует оптимальное значение тока покоя, при котором искажения достаточно малы при работе транзисторов в режиме класса АВ. В ряде случаев, при увеличении тока покоя выше оптимального значения, искажения выходного каскада растут.

4. Оптимальные значения тока покоя для разных транзисторов находятся в интервале 150...300 мА, что заметно больше тех значений, которые принято устанавливать в подобных устройствах. Обычно в усилителях устанавливают ток покоя 80...100 мА, а в некоторых промышленных конструкциях — даже 60 мА.

5. Кроме амплитуды гармоник искажений, от тока покоя зависит и их спектр. При малых значениях тока покоя спектр гармоник значительно расширяется, а гармоники высокого порядка подавляются отрицательной обратной связью не столь эффективно из-за фазовой погрешности. Спектр гармоник при оптимальном токе покоя содержит небольшое число высших гармоник, которые эффективно подавляются общей ООС. Поэтому звучание с усилителем, ток покоя выходного каскада которого равен оптимальному, должно восприниматься на слух как более качественное, более естественное, чистое.

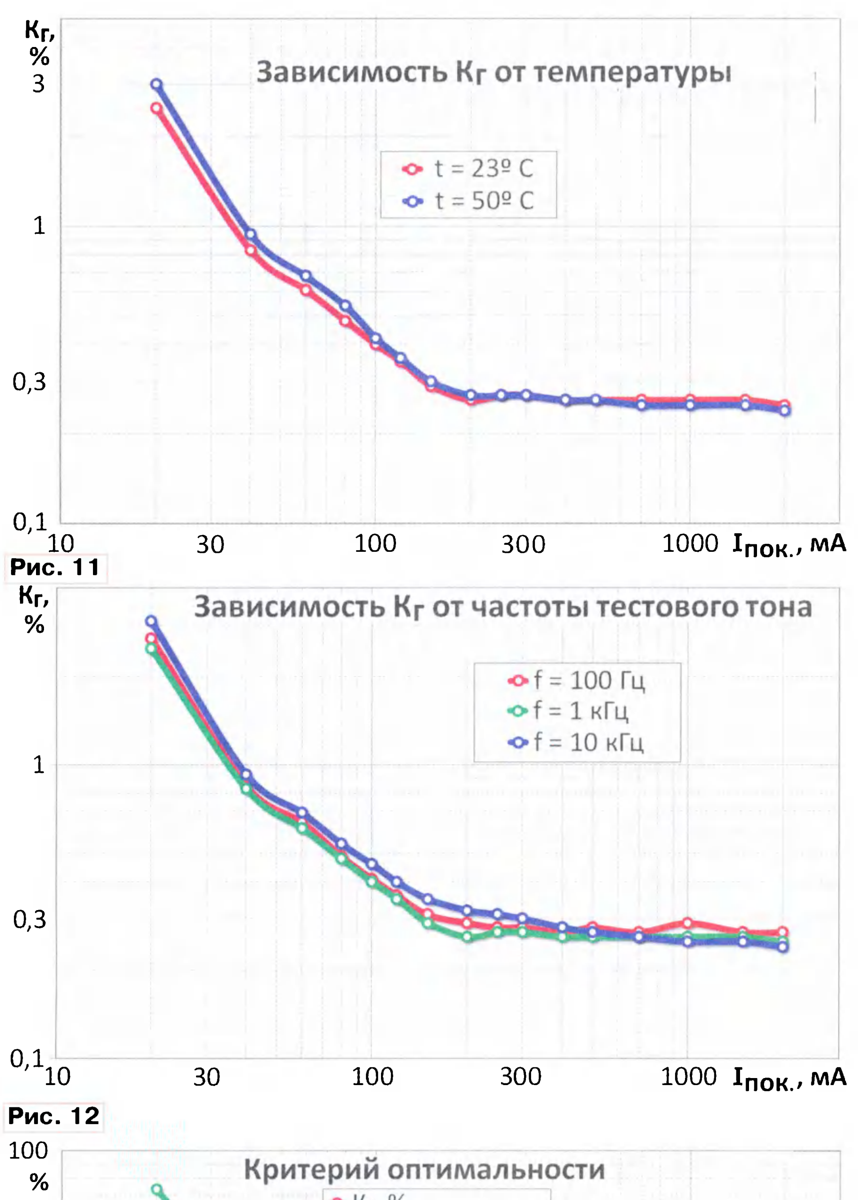


Рис. 11

Рис. 12

Рис. 13

6. Для транзисторов IRFP240/IRFP9240 оптимальный ток покоя равен 300 мА. Для транзисторов 2SJ201/2SK1530 оптимальный ток покоя — 250 мА. Для транзисторов 2SJ162/2SK1058 оптимальный ток покоя — 120...150 мА. В связи с этим тепловой режим каскада на малой мощности оказывается для этих транзисторов различным.

7. Оптимальный ток покоя зависит только от типа выходных транзисторов. Другие факторы, такие как выходное напряжение или сопротивление нагрузки, на его выбор практически не влияют.

8. Транзисторы 2SJ162/2SK1058 фирмы Hitachi отличаются меньшей крутизной, поэтому можно рекомендовать включать их в параллель для достижения меньших искажений. Их достоинство — в термостабильности тока покоя.

9. При неоптимальном токе покоя искажения, вносимые выходным каскадом, в четыре—шесть раз больше (а с учётом ширины спектра — в шесть-десять раз), чем при оптимальном.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Селф Д.** Проектирование усилителей мощности звуковой частоты. — М.: ДМК Пресс, 2009.

2. IRFP240 datasheet. — URL: **http://datasheet.su/datasheet/Vishay_Siliconix/IRFP240** (12.05.16).

3. IRFP9240 datasheet. — URL: **http://datasheet.su/datasheet/Vishay_Siliconix/IRFP9240** (12.05.16).

4. 2SJ201 datasheet. — URL: **http://datasheet.su/datasheet/TOSHIBA/2SJ201** (12.05.16).

5. 2SK1530 datasheet. — URL: **http://datasheet.su/datasheet/TOSHIBA/2SK1530** (12.05.16).

6. 2SJ162 datasheet. — URL: **http://datasheet.su/datasheet/Hitachi%20Semiconductor/2SJ162** (12.05.16).

7. 2SK1058 datasheet. — URL: **http://datasheet.su/datasheet/Hitachi%20Semiconductor/2SK1058** (12.05.16).

Активная АС с комбинированным питанием

А. БУТОВ, с. Курба Ярославской обл.

Из-за малых размеров портативных цифровых устройств (таких, как планшетные компьютеры, ноутбуки, портативные ЖК-телевизоры, навигаторы и т. п.) качество звучания встроенной в них акустики оставляет желать лучшего. Для громкого и достаточно хорошего звучания в стационарных условиях к ним обычно подключают внешние усилители мощности ЗЧ (УМЗЧ) с акустическими системами (АС), активные АС (с встроенными УМЗЧ). Последние часто могут питаться только от сети 230 В. Чтобы в случае отключения или отсутствия электроэнергии не довольствоваться звучанием встроенных в мультимедийные аппараты "пищалок", можно воспользоваться описываемой далее активной двухполосной АС с комбинированным питанием.

Схема предлагаемой АС показана на **рис. 1**. По сравнению с конструкциями [1, 2] она более функциональна, может работать как от имеющегося в ней сетевого блока питания, так и от встроенного литиевого аккумулятора G1. Его подзарядка происходит автоматически при включении устройства в сеть. Кроме того, АС оснащена USB-розеткой XS2, к которой можно подключить для питания и подзарядки аккумуляторов различные "карманные" мультимедийные звуковоспроизводящие аппараты, при этом, в отличие от [1], питание внешних устройств и работа встроенного в АС УМЗЧ возможны одновременно.

Входной сигнал поступает на вилку XP1, проходит через сумматор R2R3, RLC-фильтр L1C11R14, разделительный конденсатор C14 и далее на вход микросхемы TDA7052A (DA3), представляющей собой мостовой усилитель мощности ЗЧ с однополярным питанием и электронной регулировкой громкости. Микросхема может работать при напряжении питания 4,5...18 В, её максимальная выходная мощность — 1,1 Вт, максимальная рассеиваемая мощность — 1,25 Вт. Громкость регулируют переменным резистором R16. Демпфирующие цепи R23C25, R25C26 и резистор R26 предотвращают возможное самовозбуждение микросхемы на ультразвуковых частотах. К выходу усилителя подключены динамическая головка BA1 и рупорный пьезокерамический звукоизлучатель BA2, предназначенный для воспроизведения верхних звуковых частот. При напряжении питания 6,3 В максимальная амплитуда сигнала на головке BA1 — около 6,5 В.

Питается УМЗЧ напряжением 5,3 или 6,3 В через LC-фильтр L4C23C20. Включённая в разрыв общего провода УМЗЧ цепь C2R7R10 предотвращает повреждение устройства, к которому подключён вход усилителя, если оно получает питание от розетки XS2 и при этом его минусовый провод питания не является общим проводом гнезда для подключения головных телефонов или внешнего УМЗЧ. К гнезду XS1 можно подключить головные стереотелефоны или другой УМЗЧ.

В устройстве применён стандартный литий-ионный аккумулятор ёмкостью 2700 мА·ч от мобильного телефонного аппарата. Поскольку номинальное напряжение таких аккумуляторов обычно всего 3,7 В, то чтобы получить большую выходную мощность, УМЗЧ подключается к аккумулятору через повышающий преобразователь напряжения, собранный на микросхеме MC34063AP1 (DA1). Напряжение аккумулятора G1 поступает на его вход через замкнутые контакты выключателя SA1 и контакты K1.1 реле K1. Выходное напряжение преобразователя — около 6,3 В — задано резисторами R18, R13. На транзисторе VT2, имеющем небольшое напряжение насыщения, собран внешний электронный ключ. Максимальный ток нагрузки, подключаемой к выходу преобразователя напряжения, может достигать 0,5 А при напряжении на входе DA1 не менее 3,3 В. О питании УМЗЧ от встроенного аккумулятора сигнализирует светодиод HL2 синего цвета свечения.

При напряжении аккумулятора 3,3 В (почти разряженный аккумулятор) КПД преобразователя составляет 63 %, а при 4,2 В (полностью заряженный аккумулятор) — около 74 %. Время непре-

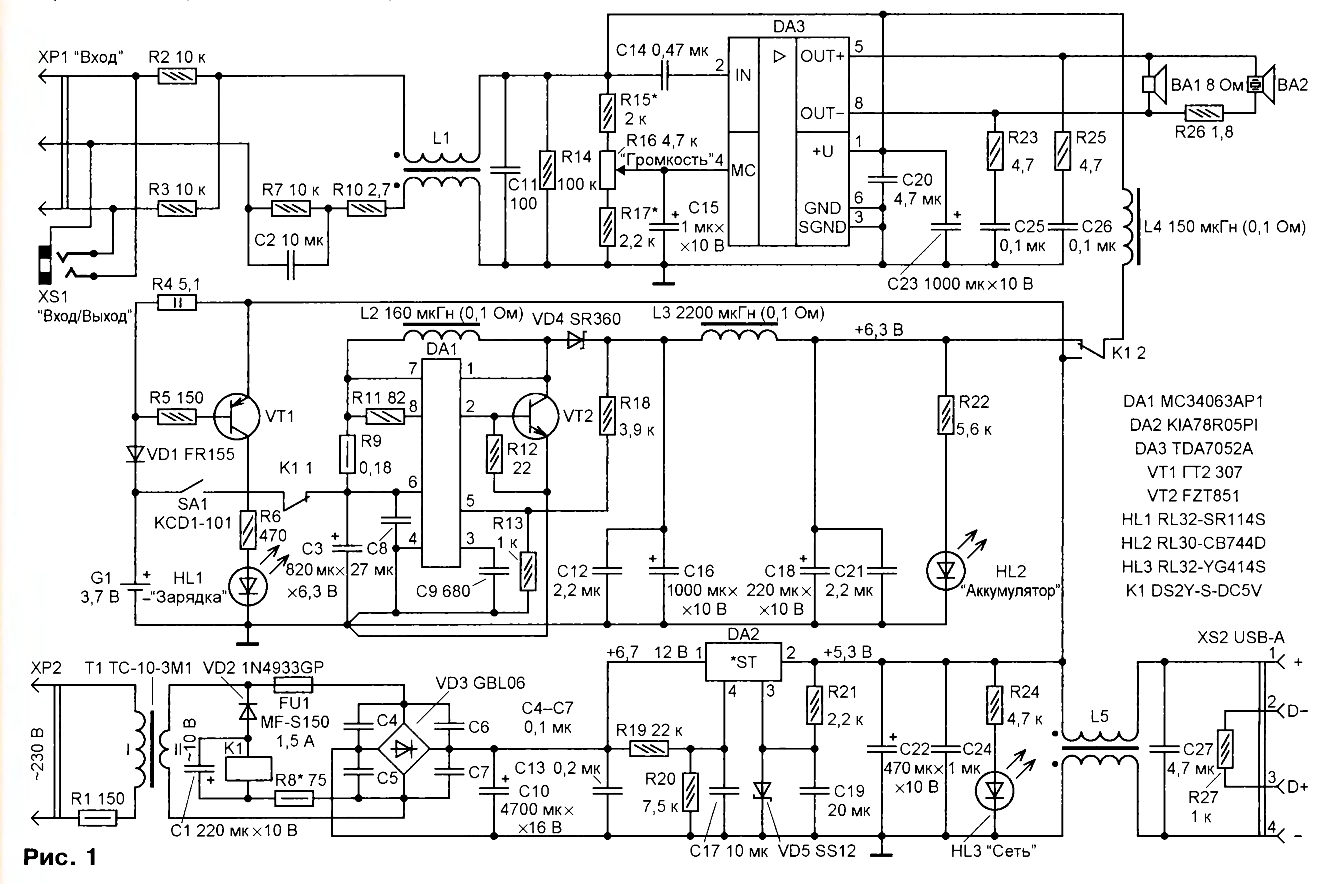


Рис. 1

ЗВУКОТЕХНИКА

тел. 608-83-05

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

рывной работы АС от аккумулятора при средней громкости (выходная мощность около 0,2 Вт) — примерно 15 ч.

Напряжение сети 230 В поступает на первичную обмотку понижающего трансформатора T1 через защитный резистор R1. С вторичной обмотки переменное напряжение около 10 В через полимерный самовосстанавливающийся предохранитель FU1 поступает на выпрямительный мост VD3. Конденсатор C10 сглаживает пульсации выпрямленного напряжения.

На интегральной микросхеме KIA78R05PI (DA2) собран линейный стабилизатор напряжения. Отличительная особенность микросхем серии KIA78RxxPI — работоспособность при напряжении между входом и выходом всего 0,5 В при токе нагрузки 1 А (обычным стабилизаторам, например, серий 7805, КР142ЕН5, требуется, чтобы напряжение на входе было больше на 2...3 В, чем на выходе). Диод Шотки VD5 повышает выходное напряжение стабилизатора примерно на 0,3 В.

При включении устройства в сеть начинает светить зелёный светодиод HL3, срабатывает реле K1, и его контакты K1.1 отключают аккумулятор G1 от преобразователя напряжения, а K1.2 переключают цепь питания УМЗЧ с выхода преобразователя на выход линейного стабилизатора на микросхеме DA2. Поскольку выходное напряжение последнего на 1 В меньше, чем импульсного повышающего преобразователя, громкость звучания АС при переходе на сетевое питание автоматически понижается. Так сделано потому, что работа этой АС от сети не основная её функция — при наличии сети обычно имеется возможность подключения звуковоспроизводящих устройств к стационарным УМЗЧ.

Аккумулятор G1 заряжается от линейного стабилизатора через токоограничивающий резистор R4 и диод VD1. При достижении на выводах аккумулятора напряжения около 4,25 В встроенный контроллер отключает его от зарядной цепи, германиевый транзистор VT1 закрывается, красный светодиод HL1 гаснет.

Большинство деталей АС смонтированы на трёх монтажных платах из стеклотекстолита, монтаж — двухсторонний навесной. Размеры платы УМЗЧ (**рис. 2**) — 60×55, повышающего преобразователя напряжения (**рис. 3**) — 70×68, а линейного источника питания (**рис. 4**) — 80×55 мм. Модульная конструкция узлов устройства значительно облегчает сборку, компоновку и последующую модернизацию АС.

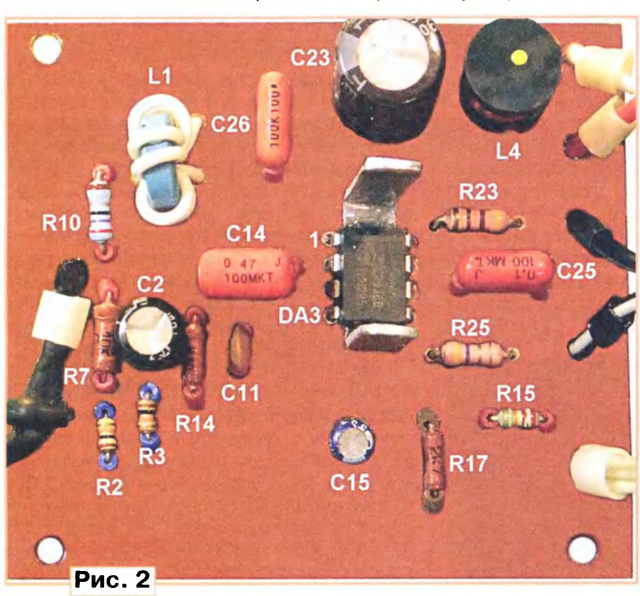


Рис. 2

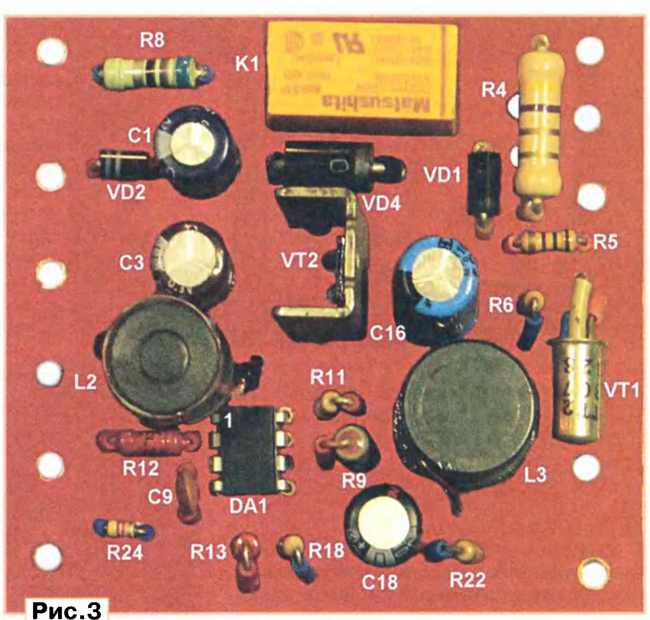


Рис.3

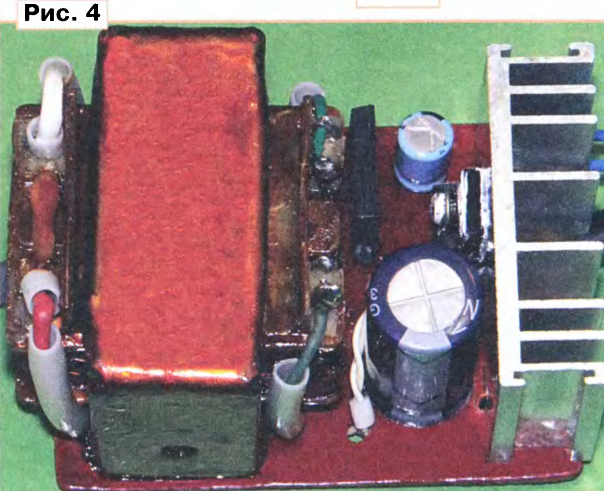


Рис. 4

В устройстве применимы любые малогабаритные постоянные резисторы, исключение — резистор R1, желательно, чтобы он был невозгораемым или разрывным. Переменный резистор R16 — СПЗ-4, СПЗ-33-32. Чтобы предотвратить повреждение микросхемы DA3 электростатическим электричеством, металлический экран и валик этого резистора необходимо соединить с общим проводом. Конденсатор C2 — неполярный оксидный или керамический, C14, C25, C26 — малогабаритные плёночные. Остальные неполярные конденсаторы — керамические К10-17, К10-50 или аналоги, в том числе и предназначенные для поверхностного монтажа. Конденсаторы C8 и C20 необходимо припаять как можно ближе к выводам соответствующих микросхем, а C27 — непосредственно к контактам USB-розетки XS2. Остальные конденсаторы — оксидные К50-68, К53-19 или аналоги.

Диод 1N4933GP (VD2) заменим любым кремниевым с прямым током не менее рабочего реле K1 и обратным напряжением не менее 30 В, диодный мост GBL06 (VD3) — любым другим из D2SB, RC201—RC207, RS201—RS207, BR305—BR310. Вместо диода Шотки SS12 подойдут, например, SS14, 1N5817, 1N5818, SB120, SB130, вместо SR360 (VD4) — SR504—SR506, SR306, SR360, 1N5822. Светодиоды — любые общего применения непрерывного свечения без встроенных резисторов. Возможная замена импортного германиевого транзистора ГТ2 307 (VT1) — отечественный из серий МП25, МП26, МП39—МП42, транзистора FZT851 (VT2) — KZT851. Транзистор VT2 установлен на теплоотвод с площадью охлаждающей поверхности 4 см^2. К теплоотводу его прикрепляют, предварительно опустив фланец с помощью пинцета в расплавленный припой. При отсутствии таких транзисторов можно применить 2SC3746—2SC3748.

Микросхема MC34063AP1 (DA1) заменима на MC34063AP, MC33063AP1, KA34063A, IP33063N и т. п., однако для удобства монтажа желательно применить микросхему в корпусе DIP-8. Вместо микросхемы KIA78R05PI (DA2) подойдёт любая из серии 78R05 в четырёхвыводном корпусе ТО-220, например KA78R05. Она установлена на дюралюминиевый теплоотвод с площадью охлаждающей поверхности (одной сто-

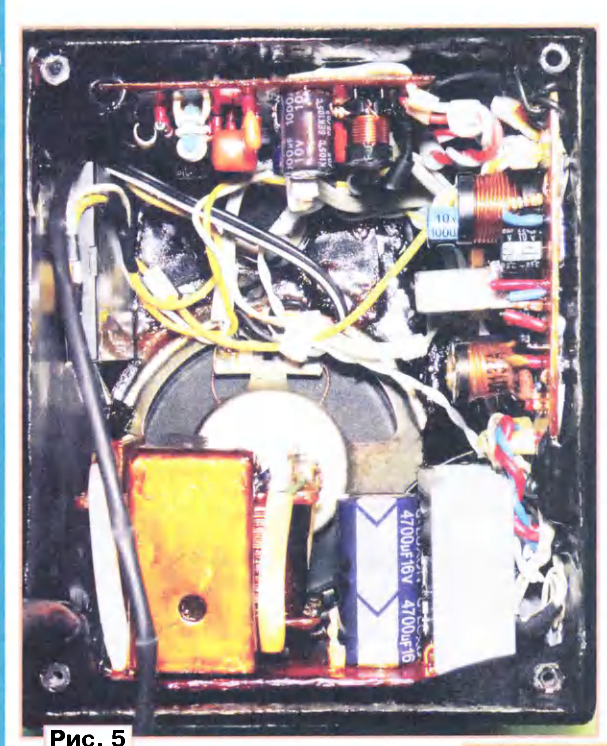


Рис. 5

роны) 60 см^2. К корпусу микросхемы TDA7052A (DA3) приклеен дюралюминиевый П-образный теплоотвод с площадью охлаждающей поверхности 2,5 см^2. Возможная замена микросхемы — TDA7052B, другие микросхемы этой серии не подходят.

Каждый из дросселей L1, L5 — несколько витков сложенного вдвое многожильного монтажного провода, намотанного на кольцевой магнитопровод диаметром 7...20 мм из пермаллоя или низкочастотного феррита (подойдут также магнитопроводы от трансформаторов ЭПРА компактных люминесцентных ламп). Дроссели L2—L4 — промышленного изготовления с Н-образными ферритовыми магнитопроводами (чем меньше сопротивление их обмоток, тем лучше). Индуктивность первого из них — 100...400 мкГн, остальных — чем больше, тем лучше.

Понижающий трансформатор T1 — доработанный ТС-10-3М1 (от его вторичной обмотки отмотаны 75 витков) или ТП-114-2. Для самодельного трансформатора подойдёт Ш-образный магнитопровод с площадью центрального керна 4,3...4,5 см^2. Первичная обмотка должна содержать 2670 витков обмоточного провода диаметром 0,13...0,15 мм, вторичная — 105 витков провода диаметром 0,62 мм. Пластины магнитопровода собирают вперекрышку.

Реле K1 — DS2Y-S-DC5V (Matsushita) с двумя группами переключающих контактов (максимальная коммутируемая мощность — 60 Вт). Сопротивление обмотки реле — около 150 Ом, номинальные напряжение и ток — соответственно 5 В и 40 мА. Выключатель питания SA1 — KCD1-101 или KCD-2011, MRC-101-6A. Динамическая головка BA1 — E1-77-030 от старого кинескопного телевизора, подойдёт любая подходящая по габаритам широкополосная мощностью от 0,5 Вт со звуковой катушкой сопротивлением 8 Ом. Пьезокерамическая головка — неизвестной модели, также от кинескопного телевизора. Полимерный самовосстанавливающийся предохранитель MF-S150 заменим на MF-R160, LP30-160. Литий-ионный аккумулятор со встроенным контроллером — от мобильного телефонного аппарата (чем больше его ёмкость, тем лучше). Допустимо параллельное соединение нескольких аккумуляторов. Не соединяйте такие аккумуляторы последовательно.

Корпус устройства размерами 103×98×125 мм склеен из полистирола. Передняя стенка в месте установки головки BA1 перфорирована отверстиями диаметром 1 мм, в задней стенке просверлено 225 вентиляционных отверстий диаметром



Рис. 6

3 мм. Головка BA2 установлена снаружи корпуса. Вид на компоновку узлов показан на **рис. 5**, внешний вид АС — на **рис. 6**.

Гасящий резистор R8 в цепи обмотки реле K1 подбирают таким образом, чтобы его контакты надёжно переключались при включении устройства в сеть. Подбором резисторов R15, R17 устанавливают желаемый интервал уровней громкости, регулируемой переменным резистором R16 при питании конструкции от сети. Если головка BA1 не способна воспроизводить высшие звуковые частоты, фазировка подключения головки BA2 может быть любой.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бутов А.** Малогабаритная активная АС — USB зарядное устройство. — Радио, 2014, № 6, с. 14, 15.

2. **Бутов А.** Доработка компьютерной АС SP-P110. — Радио, 2015, № 8, с. 48, 49.

РОССИЯ

Федеральное агентство по печати и массовым коммуникациям опубликовало отраслевой доклад "Радиовещание в России в 2015 году. Состояние, тенденции и перспективы развития". Доклад можно посмотреть, пройдя по ссылке: **http://www.fapmc.ru/rospechat/activities/reports/2016/radio/main/custom/00/0/file.pdf**.

АЛТАЙСКИЙ КРАЙ. 17 июня филиал РТРС "Алтайский КРТПЦ" перевёл трансляцию радиостанции "Радио России" в УКВ-диапазон стандарта CCIR (87,5...108 МГц) в селе Берёзовка Чарышского района. Мощность передатчика — 30 Вт, частота вещания — 103,6 МГц. Трансляция программ "Радио России" в УКВ-диапазоне стандарта OIRT (65,9...74 МГц) на частоте 68,45 МГц в Берёзовке прекращена (источник — URL: **http://altai.rtrs.ru/news/read/450/** (21.07.16)).

Радиостанция "Серебряный Дождь" прекратила своё вещание в столице Алтайского края г. Барнауле на частоте 106,4 МГц. Станция звучала в эфире краевого центра более 10 лет (источник — URL: **http://www.silver.ru/events/S27iyunyaveshchanievBarnaule budetprekrashcheno/** (21.07.16)).

АМУРСКАЯ ОБЛ. "Детское радио" ("Дети FM") появится в г. Благовещенске. Соответствующее решение принято на состоявшемся 29 июня 2016 г. заседании Федеральной конкурсной комиссии по телерадиовещанию. Согласно решению Министерства связи и массовых коммуникаций РФ, радиостанция получила право на вещание в этом городе на частоте 105,5 МГц (источник — URL: **http://www.gpmradio.ru/?an=news-page&uid=103729** (21.07.16)).

АСТРАХАНСКАЯ ОБЛ. 1 июля филиал РТРС "Астраханский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанций "Радио России" и "Вести FM" в Астрахани на частотах 104,5 МГц и 107,4 МГц соответственно (судя по мониторингу автора рубрики, это произошло 30 июня).

Трансляция "Радио России" в Астрахани на частоте 66,02 МГц прекращена, однако в области эта радиостанция продолжает выходить в эфир в сёлах Тамбовка и Чёрный Яр на частотах 70,16 МГц и 69,98 МГц соответственно (источник — URL: **http://astrakhan.rtrs.ru/news/read/181/** (21.07.16)).

1 июля филиал РТРС "Астраханский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Астрахань" в областном центре на частоте 88,7 МГц. Мощность передатчика — 1 кВт. Сейчас на волнах радиостанции звучит современная и ретромузыка, вскоре эфир пополнят новости региона и тематические программы. Целевая аудитория радиостанции — радиослушатели в возрасте от 25 до 65 лет.

Радиостанция "Астрахань" — пятая в УКВ-диапазоне стандарта CCIR, передатчик которой запущен астраханским филиалом РТРС в этом году (источник — URL: **http://astrakhan.rtrs.ru/news/read/183/** (21.07.16)).

***Примечание**. Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ГУЛЯЕВ, г. Астрахань

БРЯНСК. Минкомсвязи подвёл итоги очередного аукциона радиочастот. На основании его в г. Брянске скоро на частоте 89,3 МГц начнёт вещание радиостанция "Книга", принадлежащая компании "Дом музыки". В её эфире транслируются аудиокниги из Гостелерадиофонда, записи новелл, эссе, исторических и литературных анекдотов, фельетонов, интервью. Это будет уже 11-я радиостанция, вещающая в УКВ-диапазоне стандарта CCIR в Брянске, а до конца года в регионе их общее число увеличится до 18.

ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛ. 5 июля филиал РТРС "Волгоградский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Комсомольская правда" в г. Камышине на частоте 90,7 МГц. Мощность передатчика — 100 Вт. Камышин стал вторым после Волгограда городом в области, где началось вещание этой радиостанции (источник — URL: **http://volgograd.rtrs.ru/news/read/409/** (21.07.16)).

ГОРНЫЙ АЛТАЙ. 1 июля филиал РТРС "РТПЦ Республики Алтай" начал трансляцию радиопрограмм "Радио России" + ГТРК "Горный Алтай" в УКВ-диапазоне стандарта CCIR в сёлах Улаган, Усть-Кан и Усть-Кокса. Частоты вещания — соответственно 103,3, 102,8 и 104,8 МГц (источник — URL: **http://gorny.rtrs.ru/news/read/89/** (21.07.16)).

ИРКУТСКАЯ ОБЛ. На частоте 103 МГц "Радио Дача" появилась в эфире пгт Новая Игирма Нижнеилимского района (источник — URL: **http://mediaguide.ru/?p=news&id=578bfcc4&page=&screen** (21.07.16)).

КАЛУГА. 1 июля филиал РТРС "Калужский ОРТПЦ" начал трансляцию программ радиостанции "Мир" в г. Калуге на частоте 96,3 МГц (источник — URL: **http://kaluga.rtrs.ru/news/read/158/** (21.07.16)).

КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛ. 1 июля филиал РТРС "Кемеровский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Наше радио" в г. Ленинске-Кузнецком на частоте 92,4 МГц (источник — URL: **http://kemerovo.rtrs.ru/news/read/557/** (21.07.16)).

КРАСНОЯРСК. С 1 июля радиостанция "Comedy Radio" звучит в городе Красноярске на частоте 92,7 МГц (источник — URL: **http://www.gpmradio.ru/?an=news-page&uid=103743** (21.07.16)).

КОМИ. В районном центре селе Усть-Цильма Республики Коми "Радио Дача" начала работу на частоте 100,3 МГц (источник — URL: **http://mediaguide.ru/?p=news&id=578bfcc4&page=&screen** (21.07.16)).

МОСКОВСКАЯ ОБЛ. С 1 июля радио "Наше Подмосковье" вышло в эфир под новым названием "Радио 1". "Это старейшая и, что крайне важно, непрерывно вещающая радиостанция. У неё очень богатая история, но сегодня пришло время меняться. Сегодня станция стартует с амбициозным названием "Радио 1", её главный слоган — "Первое Подмосковное", — сообщила вице-губернатор Московской области Наталья Виртуозова.

Также с 1 июля в Доме правительства Подмосковья заработала собственная студия "Радио 1", которая станет площадкой для разговора с региональной властью. Сегмент музыкального вещания составит 30 %, отмечается в пресс-релизе.

Радиостанция вещает в Москве и столичном регионе на частоте 68,84 МГц, а также в восьми городах области: в Волоколамске — на частоте 106,8 МГц; в Зарайске — на частоте 106,5 МГц; в Орехово-Зуеве — на частоте 89,3 МГц; в Серпухове — на частоте 98,2 МГц; в Талдоме — на частоте 106,8 МГц; в Шатуре — на частоте 105,1 МГц; в Кашире — на частоте 89,8 МГц; в Наро-Фоминске — на частоте 89,7 МГц. Также ведётся вещание на частоте 66,44 МГц на УКВ в сегменте "Радио России". В онлайн режиме — на сайте **http://radio1.news** (источники — URL: **http://www.interfax-russia.ru/Center/citynews.asp?id=738750&sec=1669** (21.07.16) и **http://360tv.ru/news/radiostanciya-radio-1-nachala-rabotu-na-chastote-nashego-podmoskovya-62698/** (21.07.16)).

В г. Серпухове на частоте 99,4 МГц появилась новая радиостанция "Восток FM". Это уникальная в российском радиоэфире станция — первое экзотик-поп-радио. В эфире "Восток FM" звучат песни практически на всех языках мира. Это популярная музыка России, Греции, Испании, Италии, Индии, Латинской Америки, Турции, Юго-Восточной Азии, Японии, Китая. Эфирный слоган радиостанции — "Драгоценное созвездие хитов" (источник — URL: **http://www.glazey.info/components/news/view/social/Vostok-nastupaet/** (21.07.16)).

МУРМАНСК. С 1 июля "Радио России — Мурманск", более знакомое слушателям как Мурманское областное радио, меняет частоту. Монтаж нового оборудования уже завершён в ОРТПЦ, сейчас оно работает в тестовом режиме. Любимые передачи северяне смогут слушать теперь не только по проводному радио или через Интернет, но и просто настроив частоту своего приёмника на частоту 107,4 МГц.

Руководство обещает, что сетка вещания не изменится и составит более двух с половиной часов в будни. Это новости, программа "Атлантика", тематические передачи, в которых могут принять участие слушатели, позвонив в студию и задав свои вопросы (источник — URL: **http://www.mvestnik.ru/shwpgn.asp?pid**=2016062966 (21.07.16)).

НОВОСИБИРСК. С 1 июля радиостанция "Comedy Radio" звучит в городе Новосибирске на частоте 97,4 МГц (источник — URL: **http://www.gpmradio.ru/?an=news-page&uid=103743** (21.07.16)).

РЯЗАНЬ. Филиал РТРС "Рязанский ОРТПЦ" 19 июля на частоте 97,7 МГц начал трансляцию радиостанции "Вести FM" в г. Рязани. Мощность передатчика — 1 кВт (источник — URL: **http://ryazan.rtrs.ru/news/read/176/** (21.07.16)).

ТАМБОВСКАЯ ОБЛ. 1 июля филиал РТРС "Тамбовский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Радиоволна "Частота" в городах Мичуринске и Моршанске. Мощность передатчиков — 100 Вт каждый. Частота вещания в Мичуринске — 103,6, в Моршанске — 104,1 МГц (источник — URL: **http://tambov.rtrs.ru/news/read/207/** (21.07.16)).

ТАТАРСТАН. 1 июля филиал РТРС "РТПЦ Республики Татарстан" начал трансляцию радиостанции "Радио России + Радио Татарстана" в сёлах Большая Атня Атнинского района (98,9 МГц) и Муслюмово Муслюмовского района (92,4 МГц). Мощность каждого передатчика — 100 Вт (источник — URL: **http://tatariya.rtrs.ru/news/read/304/** (21.07.16)).

ТЮМЕНЬ. 12 июля началось вещание радиостанции "Comedy Radio" в г. Тюмени на частоте 90,4 МГц. "Comedy Radio" — современная разговорная юмористическая станция. Основу формата радиостанции составляют собственные ток-шоу, которые выходят в прямом эфире (источник — URL: **http://www.gpmradio.ru/?an=news-page&uid=103826** (21.07.16)).

УЛЬЯНОВСК. Филиал РТРС "Ульяновский ОРТПЦ" 1 июля на новой частоте 100,6 МГц начал круглосуточную трансляцию радиостанции "Маяк". Мощность передатчика — 1 кВт. Трансляция "Маяка" в УКВ-диапазоне стандарта OIRT прекращена (источник — URL: **http://ulyanovsk.rtrs.ru/news/read/181/** (21.07.16)).

В этот же день началось вещание радиостанции "Шансон" в областном центре на частоте 90,6 МГц.

ХАКАСИЯ. 7 июля 2016 г. началось вещание радиостанции "Comedy Radio" в столице Республики Хакасия г. Абакане на частоте 100,9 МГц (источник — URL: **http://www.gpmradio.ru/?an=news-page&uid=103779** (21.07.16)).

ЧЕЛЯБИНСК. 1 июля в областном центре на частоте 94,6 МГц началось вещание "Love Radio". Сегодня региональная сеть вещания станции насчитывает 140 передатчиков, размещённых в России и странах ближнего зарубежья (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/3528.html** (21.07.16)).

ЗАРУБЕЖНЫЕ РАДИОСТАНЦИИ

БЕЛАРУСЬ. Сеть регионального вещания радиостанции "Юмор FM" пополнилась тремя городами Республики Беларусь. В Бресте вещание идёт на частоте 87,5 МГц, в Гомеле — на частоте 91,2 МГц, в Витебске — на частоте 96,2 МГц (источник — URL: **http://mediaguide.ru/?p=news&id=5770d8e8** (21.07.16)).

Процесс так называемой оптимизации проводного вещания завершается

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 9, 2016

в республике, сообщили в министерстве связи и информатизации Беларуси.

Уходить от проводного вещания начали в 2014 г., тогда полностью сеть оптимизировали в райцентрах и сельских населённых пунктах. С 1 августа без проводного радио останутся города Брест, Витебск, Гродно и Гомель, а с 1 октября — Минск и Могилёв. Таким образом, с 1 октября проводное радиовещание будет ликвидировано в республике полностью.

Представители ведомства заверили: первый канал радио получил эфирную трансляцию, т. е. слушатели не лишатся привычных программ.

"Фактически, сегодня меняется лишь технология доставки информации до абонента, тогда как любимые населением программы остаются в эфире", — уточнили в ведомстве и добавили, что ряд категорий граждан имеет право на бесплатный радиоприёмник, а плата за потребляемое устройством электричество ниже, чем абонентская за проводное вещание (источник — URL: **http://sputnik.by/technology/20160720/1024350508.html** (21.07.16)).

ИНДИЯ. Русская служба "Всеиндийского радио" ("All India Radio") сообщает в своих программах, что в настоящее время разрабатывается новый сайт радиостанции, на котором можно будет слушать программы различных языковых служб. Станция (и вместе с ней Русская служба) планирует покинуть диапазоны коротких волн, вероятнее всего, осенью этого года.

ПОЛЬША. "Радио Польша" с 1 июля прекратило вещание с 18.00 до 19.00 на средневолновой частоте 1395 кГц с использованием мощного 500-киловаттного передатчика в Армении.

ЧЕХИЯ/ЛИТВА. После окончания вещания на коротких волнах радиостанция "Свобода" увеличила объём трансляций на русском языке с использованием средневолнового передатчика в Ситкунае (Sitkunai), Литва. Его мощность — 75 кВт, частота — 1386 кГц, расписание следующее: с 21.00 до 03.00 ежедневно.

США/ШРИ-ЛАНКА. Организация "Broad casting Board of Governors" (BBG), штаб-квартира которой находится в США, с 5 июня прекратила использование своего трансляционного радиоцентра в Иранавилле (Iranawilla, Шри-Ланка). Отсюда велось вещание на различных языках радиостанций "Голос Америки", "Farda", "Свобода" (в том числе и на русском языке) и т. д.

Выводы специально созданной комиссии неутешительные. За время эксплуатации в условиях повышенной влажности антенны подверглись сильной коррозии, и их необходимо либо заменить, либо капитально отремонтировать. Исходя из данных фактов, а также учитывая сокращение коротковолнового вещания во всём мире, было принято решение прекратить эксплуатацию передающего центра и в течение двух последующих лет его демонтировать. Трансляции BBG, которые велись из Иранавиллы, размещены на других радиоцентрах.

Хорошего приёма и 73!

Кварцевые лестничные фильтры на частоту 30...70 МГц. Часть 3

ХАЙО ЛОХНИ, Германия/Россия, г. Гай Оренбургской обл.

В представленных в последующих частях статьи примерах реализации кварцевых фильтров были использованы резонаторы в корпусе UM-5, закупленные в 2015 г. и 2016 г. на сайте <**www.quartz1.com**>. В примерах указан тип использованных резонаторов, и вы пропорциональным перерасчётом сможете изготовить фильтр на другую частоту.

Были собраны макеты фильтров на двух, трёх, четырёх, шести и восьми резонаторах в соответствии со схемами, показанными на **рис. 3.1—рис. 3.5** соответственно. Им были даны условные названия по числу резонаторов: QF2, QF3, QF4, QF6 и QF8.

Не всегда нужно было применять катушки индуктивности для симметрирования АЧХ (с необходимой коррекцией конденсаторов). Согласование на 50 Ом осуществлялось либо с помощью резисторов (с заметными потерями), либо Г-образных LC-цепей (см. рис. 2.15).

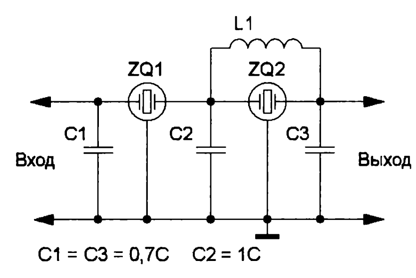


Рис. 3.1

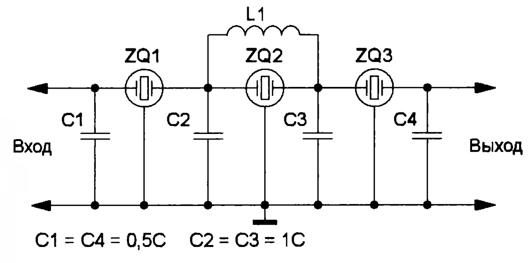


Рис. 3.2

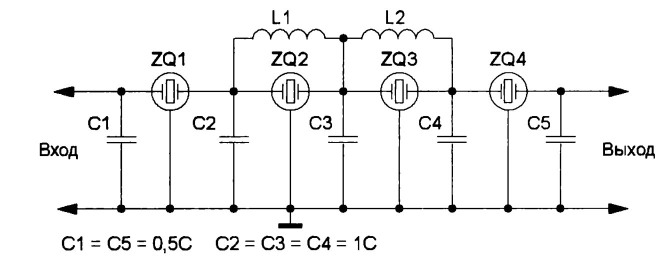


Рис. 3.3

Конечно, можно сделать фильтры с нечётным числом резонаторов, но они при отсутствии опыта сложнее в настройке, особенно при большом числе резонаторов. Рекомендуется в середину устанавливать резонатор с самым высоким значением частоты последовательного резонанса ($F_{пос}$) из всей партии.

На практике при расчёте лестничных фильтров используют понятие "номинальная ёмкость" (в схемах на рис. 3.1—рис. 3.5 это — С), которую рассчитывают по определённым формулам, в которые входят импеданс (Z), частота (F), ёмкость конденсаторов (С) и подобранный корректирующий коэффициент (k). Такие формулы имеют обобщённый вид $C = k/(Z \cdot F)$, и с достаточной точностью для фильтров на частоту 30...70 МГц и импедансом 50...240 Ом можно использовать формулу $C = 220000/(Z \cdot F)$, где С — в пикофарадах; Z — в омах; F — в мегагерцах. В схемах на основе этой номинальной ёмкости всем конденсаторам придают свой множитель (обычно 0,3...10), как это сделано в указанных схемах. Это удобно тем, что в схеме можно указать распределение ёмкостей конденсаторов для получения некоторого типа АЧХ и легко пересчитать варианты. На частотах до 10...20 МГц эта формула проверена и "работает" отлично, поскольку погрешность резонаторов на порядок меньше полосы пропускания планируемого фильтра. В нашем случае подборкой конденсаторов можно не только изменять вид АЧХ, а иногда на 1...2 кГц надо "подтянуть" резонатор на нужную частоту, из-за чего и бывают заметные отклонения от расчётных значений при

Продожение.
Начало см. в "Радио", 2016, № 7, 8

C1 = C9 = 0,5C C2 = C3 = C5 = C7 = C8 = 1C C4 = C6 = 4C

Рис. 3.4

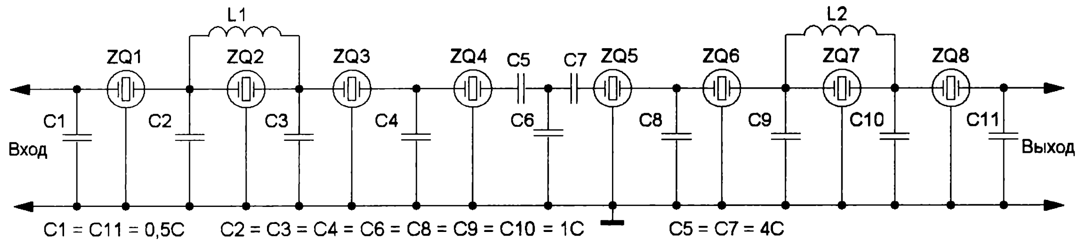


Рис. 3.5

настройке реального фильтра. Поэтому было важно остановиться при заказе резонаторов на ёмкость нагрузки 24 пФ, а для низкоомных фильтров можно рассмотреть и 40 пФ. Благодаря этому можно предсказать достаточно точно АЧХ фильтров на частоту 30...70 МГц. Расчётную ёмкость надо разделить пополам и "отдать" половину подстроечному конденсатору (в среднем положении движка), а оставшуюся половину — конденсатору постоянной ёмкости. Например, если расчётное значение С = 30 пФ, надо установить подстроечный конденсатор ёмкостью 5...30 пФ и постоянный — ёмкостью 12—15 пФ.

Для фильтров QF2 и QF3 с импедансом менее 100 Ом подборкой крайних конденсаторов в интервале 0,6...0,7С можно немного улучшить глубину затухания за полосой пропускания, но при этом появится "волнистая" вершина. При ёмкости этих конденсаторов 0,35...0,45С вершина станет полукруглой и пострадает заграждение при большой отстройке по частоте. В фильтре QF6 (аналогично и в QF8) подборкой конденсаторов С4 и С6 можно повлиять на общий вид верхней части АЧХ (провал по центру и прямоугольность), но это следует делать уже после настройки общего вида АЧХ.

Настройку рекомендую начинать с максимального значения ёмкости конденсаторов, тогда в процессе налаживания АЧХ "управляемо растёт" шаг за шагом с левого ската (см. рис. 1.2—1.4). Если в процессе налаживания вершина АЧХ "развалится или не склеится", надо приостановить процесс и поменять выбранный импеданс. Обычно мелкая "волнистость" вершины АЧХ указывает на слишком низкий импеданс, а "горбатость" — на слишком высокое его значение. Менять импеданс следует шагами 10...20 % в начале и 2...5 % при завершении налаживания.

Фильтры на частоту 34785 кГц для РПУ Р-399 и "Катран"

Приёмник Р-399 радует своих фанатов по разным причинам, но почти все его владельцы жалуются на проблемы с избирательностью в тракте первой ПЧ. Где-то АЧХ фильтров за долгие годы неисправимо "расклеилась", кому-то не хватает подавления за полосой пропускания, кто-то слышит сигналы, попадающие в зеркальный канал (на 430 кГц выше частоты настройки РПУ) второй ПЧ (215 кГц), или фильтр просто широкий (40 кГц) и приёмник не справится с обстановкой на "шумном DX-базаре". Сам приёмник внутри просторный и позволит ещё много лет проводить его модернизацию на любой вкус, особенно для работы с полноразмерными антеннами. Для эксплуатации не совсем удачным является применение второго гетеродина с верхней настройкой (35 МГц), поскольку зеркальный канал попадает в "опасную зону" паразитных резонансов разрабатываемых нами фильтров. По этой причине надо обязательно при реализации описанных ниже фильтров проверить, не попадают ли паразитные резонансы на частоту 35215 кГц.

Узкополосный фильтр QF2 для SSB

В РПУ Р-399 первый гетеродин не изменяет свою частоту при переключении полосы SSB, и соответственно несущая частота попадает на частоту 34785 МГц, что в общем-то было сделано принципиально правильно, но потом не было доведено до логичного конца. Для улучшения работы РПУ в рамках его доработки при приёме SSB можно предусмотреть установку для USB и LSB отдельных фильтров на двух резонаторах с шириной полосы пропускания 4 кГц, ЧХ которых показаны на **рис. 3.6** и **рис. 3.7**.

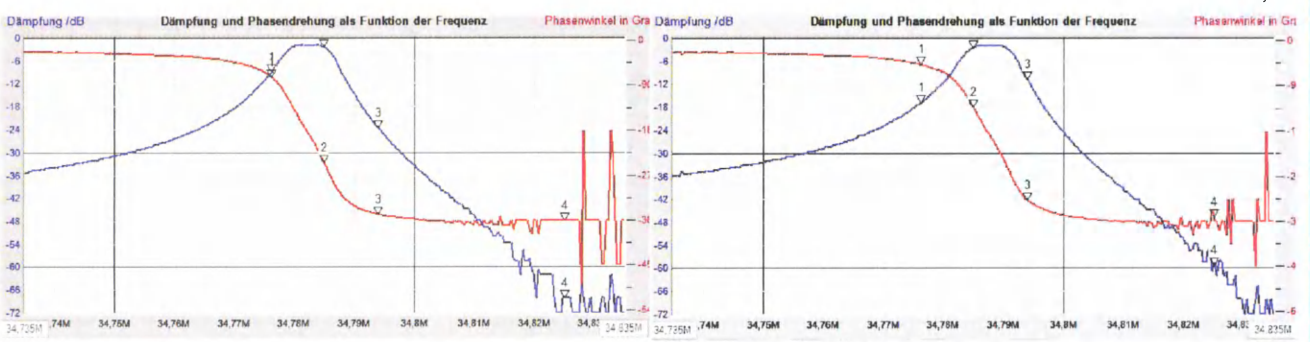


Рис. 3.6 **Рис. 3.7**

Предлагается сделать эти фильтры с "удобным" импедансом 50 Ом из резонаторов 34789-24 и 34794-24. Следует отметить, что резонаторы взяты из двух разных заказов, чем подтверждается высокая точность перерасчётов опытных конструкций на другую частоту. Затухание в полосе пропускания — около 2 дБ. Подобные фильтры надо составлять с проверкой резонаторов на паразитные резонансы, чтобы обеспечить подавление за полосой пропускания не менее 40 дБ. В данном случае катушки индуктивности не установлены, поскольку симметричность АЧХ вполне удовлетворительная.

Для аналогичного фильтра с $F_ф$ = = 34785 кГц (центральная частота) и импедансом 50 Ом надо применить резонатор 34791-24, и он хорошо будет сочетаться с ЭМФ с полосой пропускания 6 кГц. Кроме существенного сужения полосы пропускания в тракте первой ПЧ, этот фильтр ещё подавляет на 40 дБ сигналы зеркального канала в тракте второй ПЧ.

Если на двух резонаторах 34788-24 сделать фильтр с импедансом 75 Ом, то его параметры будут примерно такими: $F_ф$ = 34785 кГц, полоса пропускания — 11 кГц (по уровню –3 дБ), плоская вер-

шина — протяжённостью 6...7 кГц, затухание в полосе пропускания — не более 2 дБ. Такой фильтр хорошо сочетается со штатным ЭМФ с полосой пропускания 10 кГц.

Фильтр QF4 с плоской вершиной и полосой пропускания 9 кГц

Для "омолаживания" постаревшего РПУ Р-399 можно сделать несложный в налаживании фильтр на четырёх резонаторах 34786-24. Для этого сначала надо настроить фильтр с чисто резистивным согласованием и без катушек индуктивности L1, L2, получив плоскую вершину в полосе пропускания подборкой резисторов и конденсаторов. У меня получился импеданс 230 Ом для "выхода" на центральную частоту 34785 кГц. В результате были получены ЧХ, показанные на **рис. 3.8**.

Осталось подключить согласующие LC-звенья. Для согласования импеданса 230 Ом с 50-омным трактом на частоте 35 МГц потребуются элементы с параметрами L = 0,43 мкГн и C = 37,5 пФ. Кто поспешит их поставить, получит "испорченную" вершину АЧХ и лишний 1 дБ затухания. Проблема заключается в том, что требуемый коэффициент трансформации уже достаточно большой и нужно учесть добротность применённой катушки индуктивности. По моему опыту, при проведении расчёта надо добавить 10...12 % к импедансу фильтра и делать расчёт не на 230 Ом, а на 260 Ом. В результате получим L = 0,47 мкГн и C = 35,8 пФ. Установив конденсатор ёмкостью 33 пФ, с помощью небольшой подборки конденсаторов C1 и C5 (см. рис. 3.3) получаем практически идеальную плоскую вершину и затухание в полосе пропускания 4 дБ (**рис. 3.10**).

были специально подобраны. Для установки такого фильтра в РПУ Р-399 надо внимательно проверить область вблизи частоты 35215 кГц. Мой фильтр был "чистым".

Если для симметрирования АЧХ фильтров на двух—четырёх резонаторах параллельно каждому их них подключить катушку индуктивности (в данном случае серии EC24), появится паразитный ФНЧ, ЧХ которого показаны на **рис. 3.12**.

Два разнесённых по частотам резонанса получаются из-за того, что эти контуры сильно связаны между собой. Если катушки индуктивности поставить у крайних резонаторов, то связь слабее и резонансы совпадут, и пик будет ещё выше. Тогда лучше выбрать немного отличающиеся друг от друга (на 10 %) индуктивности.

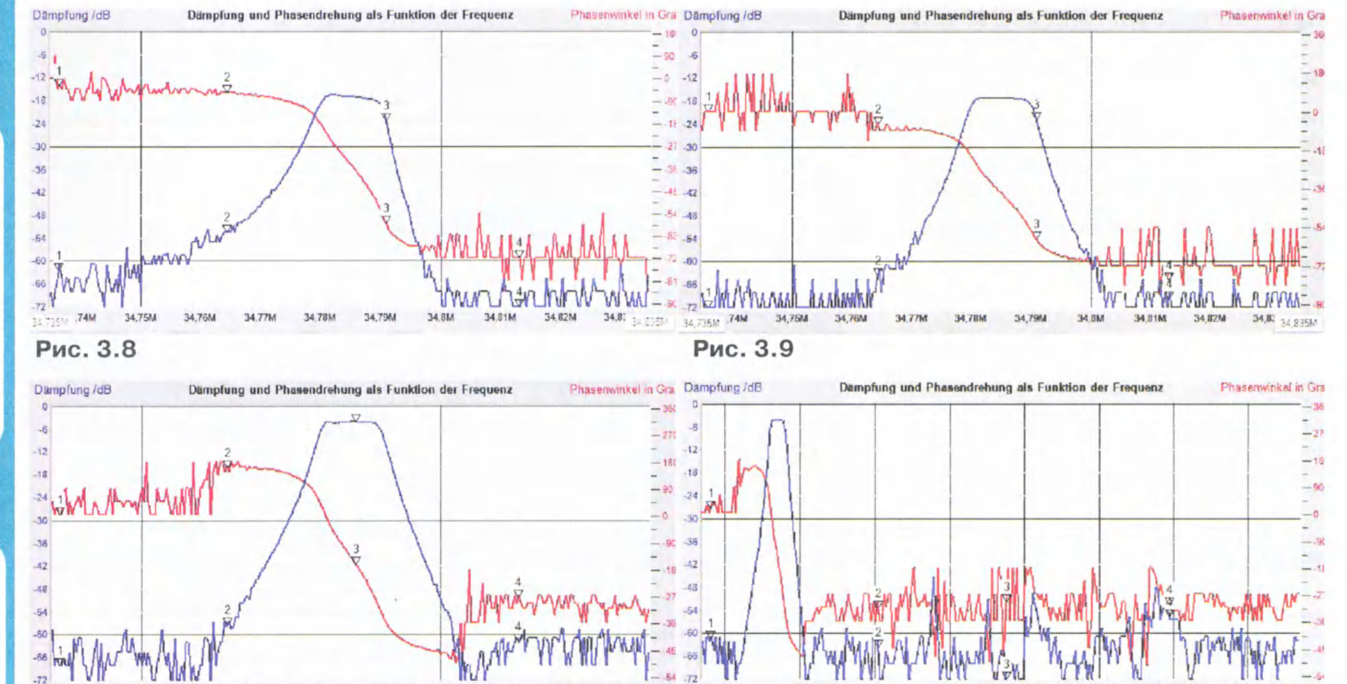


Рис. 3.8 **Рис. 3.9**

Рис. 3.10 **Рис. 3.11**

Обратите внимание на небольшой наклон вершины — это сделано намеренно. Если приложить к изображению АЧХ ось симметрии (отрезок наклонной прямой), чтобы она прошла перпендикулярно к середине плоской наклонной вершины, то покажется, что АЧХ "наклонена" влево. Подборкой катушек индуктивности L1, L2 и конденсаторов C2, C3, C4 "наклон" можно устранить, и АЧХ примет вид, показанный на **рис. 3.9**.

В зависимости от конструктивного исполнения катушек L1 и L2 их индуктивность может быть в интервале 1,2...3,9 мкГн. В моём фильтре установлены дроссели серии EC24 индуктивностью 1,8 мкГн. В "боевом" варианте рекомендуется установить качественные экранированные катушки индуктивности 2,2...2,7 мкГн с малой паразитной ёмкостью.



Рис. 3.12

Далее проверяют фильтр на наличие паразитных резонансов на частотах выше центральной (**рис. 3.11**). Видно, что подавление паразитных резонансов — не менее 42 дБ, а максимальное подавление за полосой пропускания — не менее 60 дБ. При этом резонаторы не

Для устранения этого принципиального недостатка достаточно предусмотреть установку в тракте одного LC-контура с добротностью не менее 10, что уменьшит уровень пиков более чем на 14...26 дБ. Это может быть выходной контур смесителя или согласующий резонансный трансформатор на входе УПЧ. Хорошая симметрия первого смесителя также даст подавление 20...30 дБ по прямому прохождению, но на выходе смесителя могут появиться уже преобразованные в этой области мощные сигналы, которые смогут мешать линейной работе УПЧ.

Предложенный относительно простой фильтр QF4 обеспечит все режимы работы РПУ Р-399, кроме широкого панорамного обзора. В данной настройке

РАДИО № 9, 2016 ••• Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru тел. 607-88-18 ••• РАДИОПРИЁМ ••• РАДИО®

не учтён температурный дрейф, когда фильтр работает внутри РПУ с большим потреблением энергии. Для этого надо было немного "добавить" импеданс (примерно 10...20 Ом) и растянуть АЧХ на 300...500 Гц вверх, как раз настолько она будет смещаться влево при нагреве от 20 °С до 40 °С. При проверке резонаторов по вторичным параметрам в этом случае уместно проверять и их температурный дрейф (нагревая с помощью фена).

Низкоомный фильтр открывает возможность доработки тракта Р-399 на низкий импеданс и существенное расширение его динамического диапазона (ДД). При адаптации этого "низкоомного" фильтра в оригинальный РПУ 1977 г. выпуска надо переделать катушку индуктивности на входе первого фильтра (L2 после транзистора 2П903А) с отводом на 1/3 части витков, считая от "холодного" конца. Второй УПЧ на транзисторе 2П307Г можно доработать, изменив схему включения транзистора на схему с общим затвором, и установить крутизну передаточной характеристики около 4,3 мА/В.

Два фильтра QF4 с плоской вершиной

В тракт первой ПЧ РПУ Р-399 можно установить два фильтра по четыре резонатора в каждом, но надо учесть эффект наложения двух АЧХ — происходит их перемножение по точкам. В этом РПУ самый широкополосный ЭМФ имеет ширину полосы пропускания 10 кГц, и поэтому в тракте первой ПЧ надо поставить два фильтра, обеспечивающих плоскую вершину АЧХ в полосе 10 кГц. Для этого в фильтре с импедансом 270 Ом применяют резонаторы 34785-24. Каждый фильтр в отдельности имеет ЧХ, показанные на **рис. 3.13**.

Два фильтра последовательно (через развязывающий УПЧ) в результате дадут также ровную вершину в полосе 10 кГц, но крутизна скатов АЧХ будет в два раза больше (в логарифмическом масштабе). Прямоугольность от двух блоков фильтров по уровням 6/60 дБ $П_{6/60}$ = 2,4 и по уровню 6/80 дБ $П_{6/80}$ = 3,1. При хорошей экранировке подавление за полосой пропускания будет не менее 100 дБ при отстройке на ±30 кГц и более. Это обеспечивает хорошую защиту второго смесителя при работе приёмника с полноразмерными антеннами. Для симметрирования АЧХ рекомендуется в каждом из фильтров применить дроссели с немного отличающимися номиналами, чтобы в области КВ их резонансы не совпали, и этот участок диапазона был подавлен не менее чем на 60 дБ. Первый фильтр можно не симметрировать вообще, и подборкой резонаторов добиться дальнего подавления не менее 70 дБ, а второй фильтр надо немного перекомпенсировать для получения общей симметрии АЧХ двух блоков.

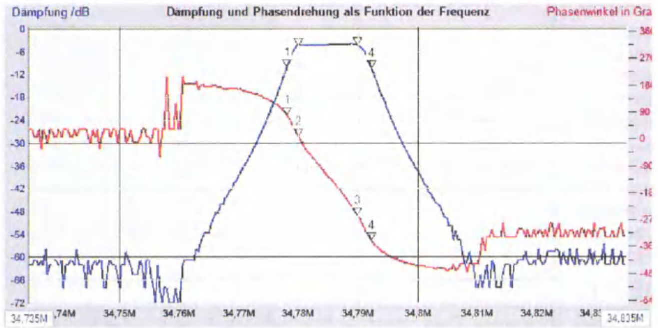


Рис. 3.13

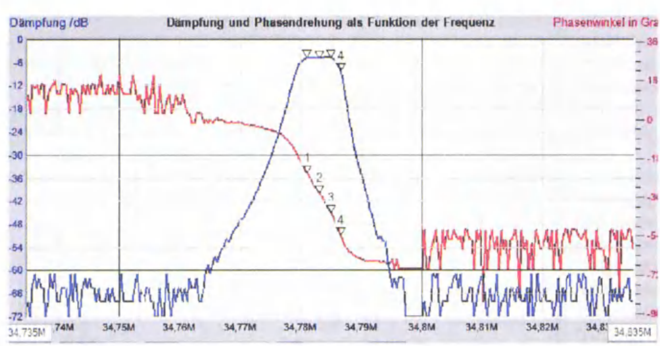


Рис. 3.14

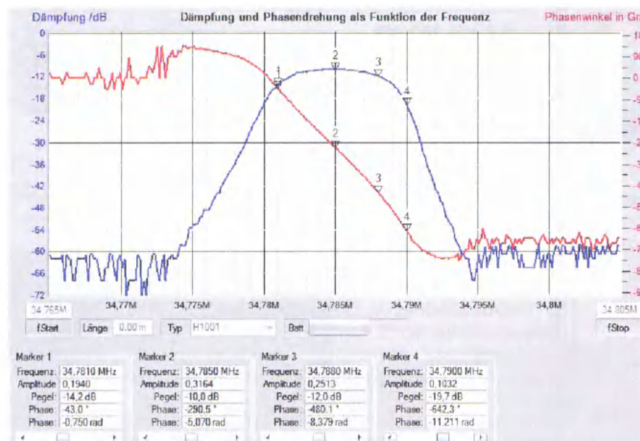


Рис. 3.15

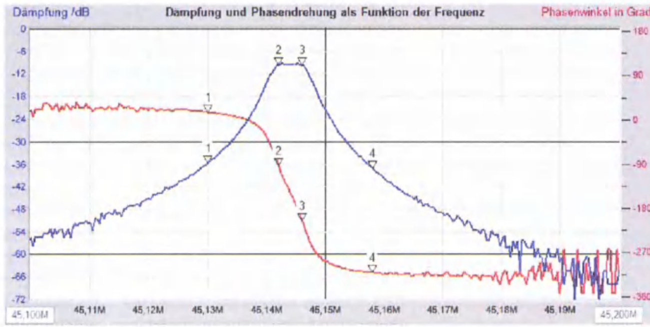


Рис. 3.16

С такими фильтрами во втором гетеродине можно установить кварцевый резонатор на частоту 34797 или 34773 кГц и получить выходной сигнал с ПЧ 12 кГц для обработки SDR с помощью ПК. Подавление зеркального канала (отстройка на 24±5 кГц) при этом будет не хуже 80 дБ. Качество фильтров позволит переделать РПУ для работы и на диапазоны ДВ и СВ.

Фильтр QF4 с полосой пропускания 6 кГц

В РПУ Р-399 в режиме приёма АМ чаще всего применяется ЭМФ с полосой пропускания 6 кГц, и для оптимальной работы в условиях помех фильтр в первой ПЧ с такой же полосой пропускания сильно выручил бы. На четырёх резонаторах 34789-24 получился вполне приличный фильтр, только он в моей версии немного "промахнулся" по частоте. С резонаторами 34794-24 форма АЧХ такая же, но с центральной частотой 34787,7 кГц. Поэтому можно сделать вывод, что с резонаторами 34791-24 "попадём в точку". Плоская вершина шириной 4 кГц и полоса пропускания 6,4 кГц по уровню –3 дБ (**рис. 3.14**) позволят принимать АМ, LSB, USB.

Импеданс опытного фильтра — 50 Ом, и поэтому отпала необходимость применять согласующие цепи, затухание в полосе пропускания — 5 дБ, центральная частота — 34783 кГц. С подобным фильтром уже не так страшно, когда рядом на том же диапазоне выходят в эфир мощные соседи.

Фильтр QF6 с полосой пропускания 8 кГц

С резонаторами 34788-24 среднего качества при Z = = 150 Ом центральная частота фильтра будет равна 34785 кГц (для РПУ Р-399) и АЧХ принимает немного закруглённую форму. Для SSB это не повлияет на качество приёма, да и АМ будет звучать ещё не раздражительно. Дальнее заграждение отличное — не менее 50 дБ, оно гарантировано уже при отстройке на ±10 кГц, а при отстройке более чем на ±18 кГц — не менее 80 дБ. Это положительно отражается на приёме АМ, так как несущая частота соседнего канала (±10 кГц) существенно подавлена, и не вся "работа" возлагается на

ЭМФ. ЧХ фильтра показаны на **рис. 3.15**, они получились за счёт установки двух симметрирующих катушек индуктивности по 2,2 мкГн.

Получившееся затухание с цепями согласования (дроссели ЕС-24) получилось большое — 7 дБ (–3 дБ измерительного аттенюатора не в счёт), потому что вся партия из шести резонаторов оказалась с большим разбросом по вторичным параметрам. Поэтому ёмкости некоторых конденсаторов оказались не соответствующими расчётным, пришлось их подборкой "смастерить" АЧХ в ущерб затуханию на 2 дБ. Выпуклая вершина не сильно удлиняет импульсные помехи, и для SSB можно сделать эффективный подавитель импульсных помех.

Фильтр QF2 на частоту 45145 кГц

В этом фильтре применены два резонатора 45150-24 высокого качества, импеданс — 50 Ом, плоская вершина — протяжённостью 4 кГц, ширина полосы пропускания — 10 кГц (по уровню –6 дБ), элементы симметрирования не использованы. ЧХ фильтра показаны на **рис. 3.16**, он пригоден для сигнала приёма сигналов узкополосной АМ или SSB.

Затухание в полосе пропускания — не более 1,8 дБ, и при подборе резонаторов нет паразитных резонансов до уровня –40 дБ. В результате получился очень технологичный фильтр с импедансом 50 Ом и без катушек индуктивности. АЧХ в целом лучше, чем у промышленного фильтра 45М07-А, не говоря уже о подавлении паразитных резонансов!

Чтобы такой фильтр построить на частоту 45000 кГц, потребуются резонаторы 45005-24 с динамическим сопротивлением не более 7 Ом.

(Продолжение следует)

Конвертер диапазона 118...137 МГц

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Этот конвертер предназначен для прослушивания на КВ-радиоприёмник так называемого "авиационного" (AIR) диапазона, в котором постоянно передаётся информация о текущей погоде в различных аэропортах страны, а также осуществляются переговоры между пилотами гражданских самолётов и диспетчерами аэропортов. В некоторых "продвинутых" радиоприёмниках такой диапазон есть.

Поскольку AIR-диапазон занимает полосу частот 118...137 МГц и в нём применяется АМ-модуляция, можно использовать радиоприёмник с КВ-диапазоном. Для этого потребуется преобразователь частоты или так называемый конвертер, в состав которого входят гетеродин, смеситель и фильтры. Если частоту гетеродина выбрать равной $F_г$ = 100 МГц, удобно будет проводить отсчёт частоты принимаемого сигнала F_c по шкале приёмника $F_{пр}$: $F_c = F_{пр}$ + + 100 (в мегагерцах). Но тогда КВ-приёмник должен непрерывно перекрывать диапазон 18...37 МГц. Однако не все резонаторы на эти частоты работают на гармониках и изготавливаются специально для этих целей. Такие резонаторы менее доступны, и генератор на них требует тщательного налаживания. "Заставить" широко распространённые кварцевые резонаторы с основной частотой 20...30 МГц работать на пятой—седьмой гармониках — не такая уж простая задача.

Но эту проблему можно решить, если применить готовый, так называемый "цифровой генератор", который вырабатывает прямоугольный сигнал с логическими уровнями. Такие генера-

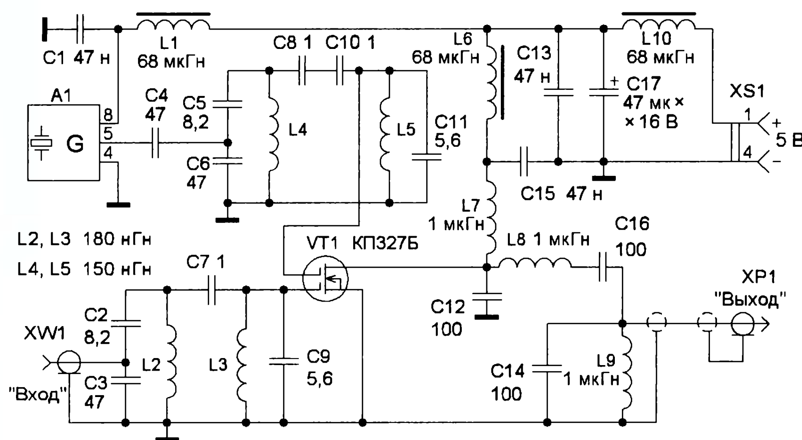


Рис. 1

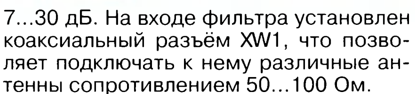
радиоприёмники соответствуют этим требованиям, у большинства из них верхняя частота не превышает 30 МГц.

Поэтому конвертер должен обеспечивать преобразование сигналов диапазона 118...137 МГц в другой диапазон частот, например, 7...26 МГц. Для этого потребуется гетеродин на частоту 111 или 144 МГц. Первый вариант менее предпочтителен, поскольку в этом случае зеркальный канал приёма будет находиться в диапазоне 85...108 МГц, в котором работают мощные радиовещательные УКВ-радиостанции. Избавиться от помех будет очень сложно, для этого потребуются высокоизбирательные полосовые фильтры. Во втором варианте такой проблемы нет, но частота гетеродина выше и отсчёт частоты принимаемого сигнала не очень удобный.

Гетеродин с частотозадающим LC-контуром может не обеспечить стабильности настройки. Поэтому лучше применить генератор с кварцевой стабилизацией частоты. Но кварцевые торы широко применяются в компьютерной технике как тактовые. На одной из старых компьютерных плат оказался генератор фирмы AKER серии AXO-400 в металлическом корпусе на частоту 48 МГц. У этого генератора точность установки частоты и её уход в интервале температур –10...+ 70 °С — ±25 ppm (от англ. *parts per million* — частей на миллион), т. е. $48 \cdot 10^6 \cdot 25 \cdot 10^{-6}$ = 1,2 кГц, чего вполне достаточно для приёма АМ-сигналов. Амплитуда выходного сигнала этого генератора близка к напряжению питания. Аналогичные генераторы бывают в пластмассовом и керамическом корпусах. Поскольку выходной сигнал таких генераторов прямоугольный, он содержит гармоники основного сигнала. Если форма сигнала близка к меандру, чётные гармоники существенно подавляются, в данном случае это вторая (96 МГц) и четвёртая (192 МГц), что нам и надо. Остаётся с помощью фильтра выделить третью гармонику частотой 144 МГц. Частоту принимаемого сигнала в мегагерцах в

этом случае определяют по формуле $F_c = 144 - F_{пр}$.

Схема конвертера показана на **рис. 1**. На элементах C2, C3, L2, C7, L3 и C9 собран входной полосовой фильтр, пропускающий сигналы AIR-диапазона. Расчётная АЧХ этого фильтра имеет провал на несколько децибел в центре, но коэффициент передачи по напряжению около +10 дБ. Подавление сигналов в УКВ-диапазоне 87,5...108 МГц — 7...30 дБ. На входе фильтра установлен коаксиальный разъём XW1, что позволяет подключать к нему различные антенны сопротивлением 50...100 Ом.

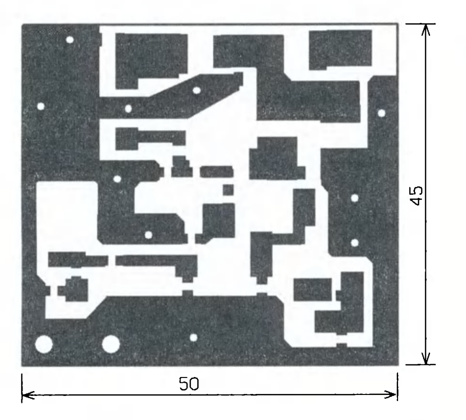


Сигнал генератора через конденсатор C4 поступает на полосовой фильтр, собранный на элементах C5, C6, L4, C8, C10, L5 и C11. У этого фильтра за счёт меньшей связи (конденсаторы C8 и C10) между контурами расчётная полоса пропускания несколько мегагерц. Он настроен на частоту 144 МГц и дополнительно подавляет вторую гармонику генератора на 40 дБ, а четвёртую — на 30 дБ.

Сигнал с антенны через входной фильтр поступает на первый затвор полевого транзистора, а сигнал гетеродина со второго фильтра поступает на второй затвор. Этот транзистор выгодно отличается от многих других наличием защиты затворов от статического электричества. С целью упрощения конвертера на затворы не подаётся напряжение смещения, по постоянному току они соединены с общим проводом. Поэтому коэффициент преобразования не максимально возможный, но зато в устройстве нет ни одного резистора. На выходе конвертера установлен фильтр на элементах L7, C12, L8, C14, C16 и L9 с полосой пропускания 7...26 МГц.

Печатная плата изготовлена из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита (**рис. 2**), на одной стороне расположены печатные проводники и радиоэлементы, вторая оставлена металлизированной и используется как общий провод. Через отверстия в плате с помощью отрезков лужёного провода печатные проводники первой стороны соединены с металлизацией второй стороны. Внешний вид смонтированной платы показан на **рис. 3**.

Питать конвертер можно от зарядного устройства сотового телефона, потребляемый ток — 30...40 мА. Напряжение питания конвертера (5 В) выбрано исходя из номинального напряжения питания кварцевого генератора, но можно применить стабилизированный источник питания напряжением 6...12 В. В этом случае дроссель L1 следует за-



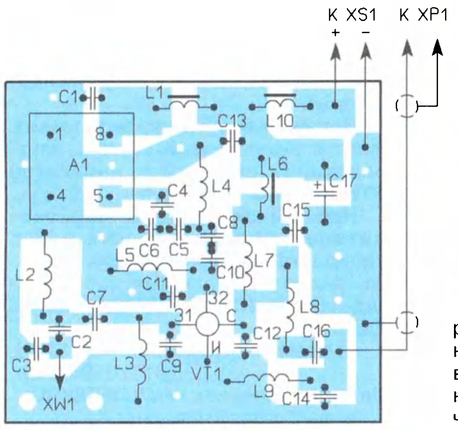


Рис. 2

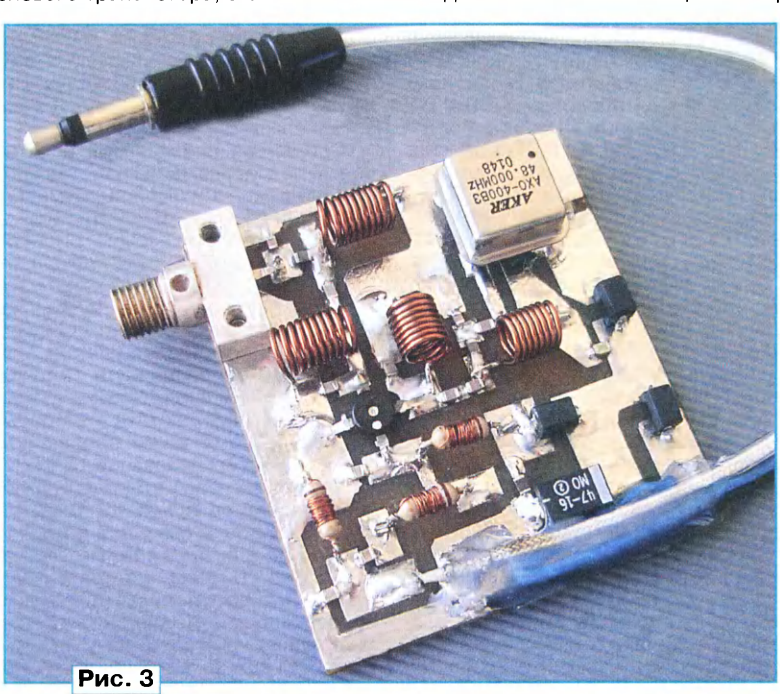


Рис. 3



Рис. 4

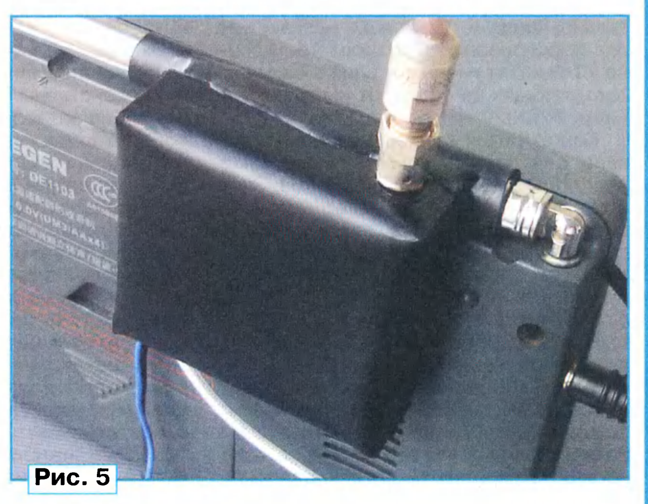


Рис. 5

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

менить резистором, на который и будет падать излишек напряжения. Сопротивление этого резистора R1 зависит от напряжения питания $U_п$ и потребляемого генератором тока $I_п$: R1 = ($U_п$ – 5)/$I_п$. На этом резисторе будет рассеиваться мощность $P_{рас} = I_п \cdot (U_п - 5)$. Поэтому при напряжении питания 5 В необходимо измерить $I_п$ и затем рассчитать сопротивление резистора R1, его допустимая мощность рассеяния должна быть не менее $P_{рас}$.

В конвертере применены конденсаторы для поверхностного монтажа типоразмера 0805. Транзистор КП327Б можно заменить транзисторами BF992, BF998, но рисунок печатных проводников придётся скорректировать. Катушки L2—L5 намотаны проводом ПЭВ-2 0,7 на оправке диаметром 4 мм и содержат: L2 и L3 — 7,5, а L4 и L5 — 9,5 витка. Катушки L7—L9 намотаны внавал проводом ПЭВ-2 0,12 на резисторах С2-23 сопротивлением не менее 500 кОм мощностью 0,125 Вт и содержат по 33 витка. L1, L6 и L10 — дроссели серии СМ фирмы Bourns, их индуктивность может быть в интервале 33...330 мкГн. Топология платы позволяет применить и выводные детали, например, конденсаторы КД-1, К10-17б или импортные (с выводами минимально возможной длины), дроссели серии EC24, а также проводить доработку устройства. К радиоприёмнику конвертер подключают с помощью тонкого коаксиального ВЧ-кабеля с вилкой NP-106 (аудиоразъём диаметром 3,5 мм) на конце, XS1 — USB-вилка. На плате установлен ВЧ-разъём серии СР50 с резьбой М6. Штыревая антенна длиной 600 мм (примерно четверть длины волны на диапазоне AIR) изготовлена из центральной жилы диаметром около 4 мм (вместе с изолятором из полиэтилена) кабеля серии РК50-3. Антенна снабжена коаксиальным разъёмом-вилкой СР50-724ФВ. Изолятор вместе с центральной жилой и центральным контактом разъёма с небольшим усилием вставлен в зажим разъёма и затем закреплён термоклеем. Можно также применить ВЧ-разъёмы серии SMA Провод питания желательно продеть (несколько витков) через ферритовое кольцо диаметром около 20 мм. Это уменьшит влияние помех, поступающих из сети и от импульсного блока питания.

Конструкция конвертера адаптирована для совместного применения с радиоприёмником DEGEN DE1103. Этот приёмник имеет синтезатор частоты, цифровую шкалу и, самое главное, отдельное антенное гнездо для КВ-диапазона. При подключении к этому гнезду в приёмнике отключаются телескопическая антенна и встроенный широкополосный УВЧ. Это позволяет уменьшить помехи от мощных радиостанций, вещающих в КВ-диапазоне. Если будет использован другой радиоприёмник, возможно, придётся применить соответствующий разъём ХР1. После проверки работоспособности конвертера печатную плату желательно закрыть металлической (например, жестяной) крышкой, которую по периметру припаивают к краю платы. Высота крышки — не менее 15...20 мм, чтобы она не влияла на катушки индуктивности ВЧ-фильтров. На другой стороне платы клеем закреплён (**рис. 4**) отрезок пластмассовой трубки (корпус от авторучки), который надевают на телескопическую антенну приёмника. Так устройство держится на его корпусе (**рис. 5**).

Чтобы конвертер более надёжно фиксировался на корпусе радиоприёмника DEGEN DE1103, взамен мягкого коаксиального кабеля желательно применить отрезок полужёсткого кабеля РК50-2-25 (у него внешний проводник — медная трубка). Один конец отрезка припаивают к плате конвертера, а на другом монтируют вилку ХР1. Причём удобнее применить угловую вилку. В этом случае конвертер будет держаться на корпусе приёмника в двух точках: на антенне и антенном гнезде.

Собранная конструкция налаживания не потребовала и заработала сразу. При подключении антенны шумы должны заметно возрасти. Точность настройки фильтров можно проверить, вводя в катушки L2 и L3 подстроечники из латуни или карбонильного железа. При этом уровень шума должен изменяться. Если это происходит при введении латунного подстроечника, витки катушек можно раздвинуть. Но следует учесть, что АЧХ фильтров имеет провал на центральной частоте (выбросы по краям), поэтому такую проверку надо сделать во всём диапазоне.

Уровня сигнала гетеродина (3 В) на втором затворе полевого транзистора оказалось достаточно для того, чтобы смеситель работал в режиме, близком к ключевому. Поэтому установки напряжения смещения на этот затвор не потребовалось. Измерить напряжение гетеродина на втором затворе транзистора VT1 можно, если к нему временно подключить ВЧ-диод (в любой полярности), например, германиевый Д18, Д20, а между вторым выводом диода и общим проводом установить конденсатор ёмкостью несколько сотен пикофарад. Постоянное напряжение, которое приблизительно соответствует амплитуде сигнала гетеродина, измеряют вольтметром постоянного тока с входным сопротивлением не менее 1 МОм.

Желающие могут конвертер усовершенствовать. Например, можно установить резистивный делитель напряжения на второй затвор. Для этого вывод второго затвора отпаивают от печатной площадки и приподнимают над ней. Между выводом и площадкой устанавливают конденсатор ёмкостью 47 пФ типоразмера 0805. Между верхним по схеме выводом катушки индуктивности L7 и выводом второго затвора навесным монтажом устанавливают выводной резистор сопротивлением 1 МОм, а между этим выводом и общим проводом — резистор сопротивлением 100...500 кОм. Выводы резисторов делают минимально возможной длины. Один из резисторов (его сопротивление не должно быть менее 100 кОм) подбирают по максимуму коэффициента передачи конвертера (по максимуму громкости принимаемого радиоприёмником сигнала или эфирных шумов). Но не факт, что общая чувствительность возрастёт, это зависит и от чувствительности радиоприёмника. ■

Блок управления лабораторным трансформатором

Е. ГЕРАСИМОВ, станица Выселки Краснодарского края

Радиолюбителю часто требуется регулируемое переменное напряжение. Обычно его получают с помощью лабораторного регулируемого автотрансформатора (ЛАТР). К сожалению, выход ЛАТР имеет гальваническую связь с сетью, а его подвижный электрод (ползунок) часто обгорает. Помимо порчи самого ползунка, это чревато и выходом из строя обмотки. Да и цена хорошего ЛАТР весьма высока, а изготовить его самостоятельно под силу немногим.

Есть давно известный способ регулировать напряжение на нагрузке, используя не автотрансформатор, а обычный трансформатор с несколькими вторичными обмотками, коммутируемыми переключателями. Такой трансформатор описан, например, в статье **А. Терскова** "С шагом в один вольт" ("Радио", 1993, № 9, с. 24, 25). Его выход гальванически не связан с сетью, а выходное напряжение можно регулировать с шагом 1 В от 0 до 255 В.

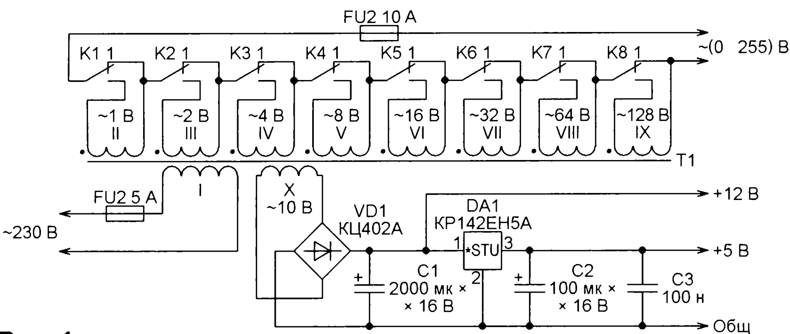


Рис. 1

К сожалению, постоянная необходимость расчётов для правильной коммутации вторичных обмоток такого трансформатора на нужное напряжение затрудняет его использование. О монотонном увеличении или уменьшении напряжения мелкими ступенями при этом и говорить не приходится. Но самый главный недостаток такого решения — установка всего одного переключателя в неправильное положение может вывести нагрузку, особенно низковольтную, из строя.

Чтобы не допустить подобных неприятностей, а также упростить пользование трансформатором, разработано устройство, представленное ниже. Ставилась цель использовать детали, которые наверняка найдутся в запасах радиолюбителя. Блок можно и упростить, но об этом будет сказано далее.

Схема лабораторного трансформатора (без блока управления) изображена на **рис. 1**. От схемы из упомянутой выше статьи А. Терскова она отличается только тем, что ручные переключатели заменены электромагнитными реле. Их контактные группы K1.1—K8.1 соединены так, что при обесточенных обмотках всех реле напряжение на выходе отсутствует. Так сделано для того, чтобы при переходных процессах, возникающих при включении трансформатора в сеть, на выходе не появилось напряжение. Максимальное напряжение (255 В) на выходе будет только в том случае, если сработали все реле.

В отличие от оригинала, трансформатор T1 имеет дополнительную обмотку X с диодным выпрямительным мостом VD1 для питания обмоток реле и интегральным стабилизатором напряжения DA1 питания микросхем блока управления.

Блок управления, схема которого изображена на **рис. 2**, ставит в соответствие каждому из возможных значений выходного напряжения (от 0 до 255 В с шагом 1 В) восьмиразрядный (по числу реле, переключающих обмотки) двоичный код. Единица в любом разряде этого кода означает, что соответствующее реле должно сработать, ноль означает, что оно должно отпустить якорь.

При напряжении на первичной обмотке трансформатора 230 В выходное напряжение в вольтах равно числу, установленному нажатиями на кнопки SB1 и SB2 на индикаторах HG1—HG3. Необходимость в процессе эксплуатации думать о правильной коммутации вторичных обмоток отпадает, что повышает удобство и оперативность установки нужного выходного напряжения.

Следует, правда, отметить, что блок управления не измеряет выходное напряжение, а только показывает на индикаторе его "теоретическое" значение. По этой причине, при отличии напряжения в сети от номинального и под влиянием нагрузки, фактическое выходное напряжение может отличаться от того значения, что показывают индикаторы.

Условно блок управления можно разделить на несколько функциональных узлов. Это — реверсивный счётчик на микросхемах DD2—DD4 с управляющей им логикой на микросхеме DD1, преобразователь кода на микросхеме РПЗУ DS1, блок индикации на микросхемах DD5—DD7.

На логическом элементе DD1.1 построен генератор импульсов частотой около 2 Гц. Элемент DD1.4 инвертирует сигнал генератора. Инверсия нужна для того, чтобы счётчики DD2—DD4 изменяли состояние при нажатии, а не при отпускании кнопок SB1 и SB2.

Регулируют напряжения кнопками SB1 (в сторону уменьшения) и SB2 (в сторону увеличения). Цепи R1C3 и R3C4 подавляют дребезг контактов кнопок. Пока ни одна из кнопок не нажата, на управляющем входе генератора (выводе 1 DD1) установлен низкий логический уровень. При нажатии на кнопку SB1 на этот вход через резистор R9 и развязывающий диод VD4 поступает напряжение высокого уровня. Через некоторое время генератор запускается. Если на кнопку нажимать кратковременно, генератор не заработает, но на его выходе в ответ на каждое нажатие появится одиночный импульс. С каждым импульсом содержимое счётчика уменьшается на единицу.

Чтобы по достижении счётчиками нулевого состояния избежать их резкого перехода в состояние 999, при достижении нуля работу генератора блокирует через диод VD6 низкий логический уровень сигнала переполнения с вывода 7 счётчика DD4. Далее запуск генератора возможен только кнопкой SB2. Работа этой кнопки аналогична, но, помимо запуска генератора, она подаёт высокий уровень на входы управления направлением счёта (выводы 10) счётчиков DD2–DD4. По достижении максимального значения 255 уровень напряжения на выходе элемента DD1.3 становится низким и через диод VD3 блокирует работу генератора.

Поскольку устройство не должно реагировать на одновременное нажатие обеих кнопок, в него введён узел блокировки (резисторы R2, R6, R7). Напряжение с резистора R2 подано на вход разрешения счёта (вывод 5) счётчика DD2. Если нажаты обе кнопки, уровень этого напряжения становится высоким, что запрещает счёт импульсов.

Цепь R11C12 служит для обнуления счётчиков DD2—DD4 при подаче напряжения питания. Можно обнулить их в любой момент и нажатием на кнопку SB3. Поскольку выводы 9 счётчиков соединены с общим проводом, счётчики работают в десятичном режиме, формируя на выходах трёхзначное десятичное число в двоично-десятичном коде — заданное значение выходного напряжения. Это число поступает на адресные входы ППЗУ DS1. Каждому значению выходного напряжения в нём соответствует ячейка памяти, в которой записан двоичный эквивалент двоично-десятичного числа. Например, по адресу 10 0011 0000 (двоично-десятичное представление числа 230) находится код 11100110 (двоичное число, равное десятичному 230).

Код с выходов РПЗУ DS1 подан на электронные ключи, собранные на транзисторах VT1—VT8 и управляющие реле

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

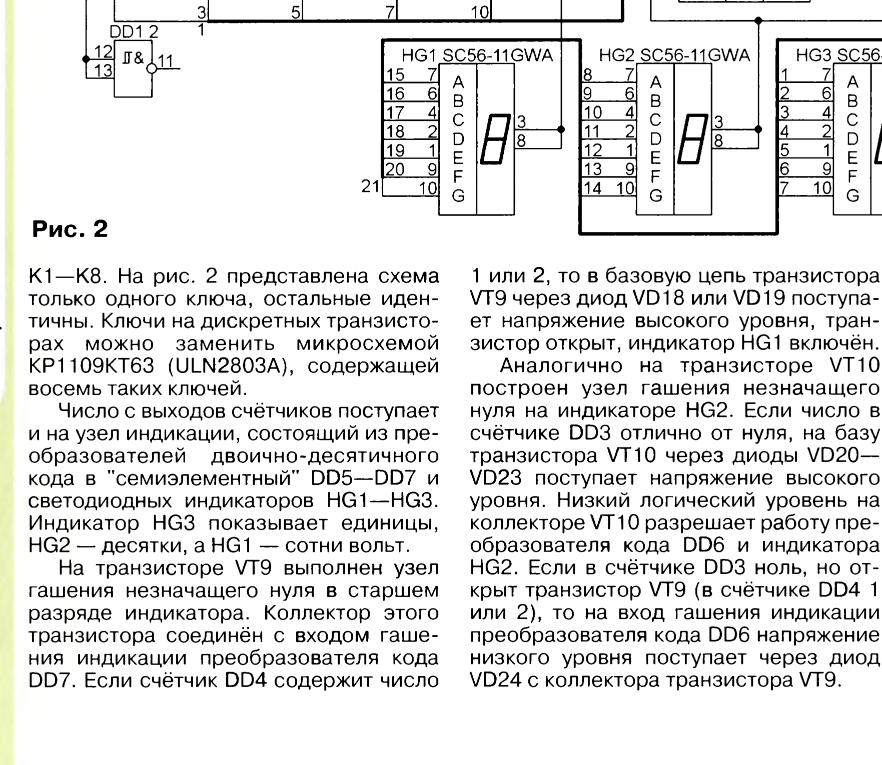


Рис. 2

K1—K8. На рис. 2 представлена схема только одного ключа, остальные идентичны. Ключи на дискретных транзисторах можно заменить микросхемой КР1109КТ63 (ULN2803A), содержащей восемь таких ключей.

Число с выходов счётчиков поступает и на узел индикации, состоящий из преобразователей двоично-десятичного кода в "семиэлементный" DD5—DD7 и светодиодных индикаторов HG1—HG3. Индикатор HG3 показывает единицы, HG2 — десятки, а HG1 — сотни вольт.

На транзисторе VT9 выполнен узел гашения незначащего нуля в старшем разряде индикатора. Коллектор этого транзистора соединён с входом гашения индикации преобразователя кода DD7. Если счётчик DD4 содержит число 1 или 2, то в базовую цепь транзистора VT9 через диод VD18 или VD19 поступает напряжение высокого уровня, транзистор открыт, индикатор HG1 включён.

Аналогично на транзисторе VT10 построен узел гашения незначащего нуля на индикаторе HG2. Если число в счётчике DD3 отлично от нуля, на базу транзистора VT10 через диоды VD20—VD23 поступает напряжение высокого уровня. Низкий логический уровень на коллекторе VT10 разрешает работу преобразователя кода DD6 и индикатора HG2. Если в счётчике DD3 ноль, но открыт транзистор VT9 (в счётчике DD4 1 или 2), то на вход гашения индикации преобразователя кода DD6 напряжение низкого уровня поступает через диод VD24 с коллектора транзистора VT9.

От диодов VD18—VD23 можно было отказаться, подав в базовые цепи транзисторов VT9 и VT10 сигналы с выходов переполнения соответствующих счётчиков, но в этом случае погашенные незначащие нули будут вспыхивать при нажатиях на кнопку SB2.

При желании узел индикации можно исключить, а к выходу трансформатора подключить вольтметр переменного тока с пределом измерения 300 В. В этом случае можно удалить также микросхему РПЗУ и счётчик DD4, а оставшиеся два переключить на работу в двоичном режиме. Сигналы на транзисторные ключи, управляющие реле, в этом случае следует подавать с выходов счётчиков. Точность установки выходного напряжения при таком упрощении

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 9, 2016

будет зависеть от погрешности вольтметра.

Печатная плата для блока управления не разрабатывалась, однако часть узлов можно разместить на печатных платах, представленных на **рис. 3** и **рис. 4**. Они в своё время разработаны для других устройств, но подойдут и для представленного в статье. Остальные элементы можно смонтировать на макетной плате, соединив их выводы монтажным проводом. Блокировочные конденсаторы C5—C10 устанавливают непосредственно на выводах питания микросхем. Обратите внимание, что на

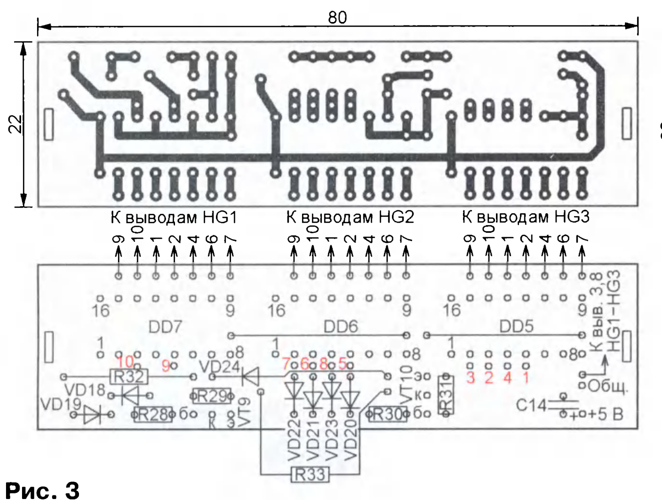


Рис. 3

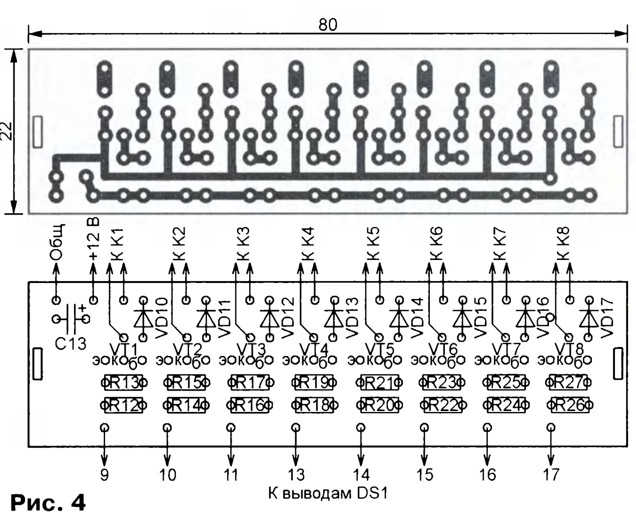


Рис. 4

рис. 3 выделены цветом номера точек подключения платы индикации к выходам счётчиков. Эти номера совпадают с номерами проводов соответствующего жгута на схеме рис. 2.

В устройстве применены резисторы МЛТ, все конденсаторы — импортные. Вместо транзисторов КТ315Г можно применить любые транзисторы той же серии. Кроме того, транзисторы КТ315Г (VT1—VT8) можно заменить на 2SC945, а остальные — на любые маломощные n-p-n транзисторы. Диоды КД522А можно заменить на КД521, КД510 с любыми буквенными индексами или на 1N4148. Замена диодов КД243В — широко распространённые диоды 1N4007. Возможность замены микросхем серий К176 и К561 их импортными аналогами не проверялась. Микросхему КР573РФ5 перед установкой в устройство необходимо запрограммировать. Допускается её замена на импортную серии 2716 или 27С16.

Кнопки и переключатели могут быть любыми. Реле использованы импортные RAS-1215, их можно заменить другими с рабочим напряжением обмотки 12 В и с контактами на переключение, способными коммутировать нужный ток нагрузки. Сопротивление обмотки применённых реле — 400 Ом.

Трансформатор T1 может быть намотан по рекомендациям А. Терскова, но с дополнительной обмоткой X на напряжение 10 В, намотанной проводом диаметром не менее 0,4 мм. Но вместо магнитопровода ПЛ 25×50×100 лучше применить магнитопровод ШЛ близкого сечения — гораздо проще наматывать обмотки не на двух, а на одном каркасе.

Налаживание устройства состоит в подборке, если нужно, частоты генератора на элементе DD1.1. При указанных на схеме номиналах элементов она — около 2 Гц. Слишком высокой эту частоту устанавливать не следует, поскольку будут сильно искрить и подгорать контакты реле. Желательно также проверить правильность программирования ПЗУ. При установке на индикаторах HG1—HG3 значения выходного напряжения на выходах РПЗУ DS1 должен появляться двоичный код этого числа.

Рис. 5

Если необходимо, можно ускорить установку напряжения, введя дополнительный переключатель SA1 и кнопку SB4 согласно схеме, показанной на **рис. 5**. При показанном на ней положении переключателя SA1 устройство работает как обычно. При включении режима быстрой установки все реле будут выключены, что сделает напряжение на выходе трансформатора нулевым. Кнопкой SB4 подключают параллельно резистору R5 резистор R35, увеличивая этим частоту генератора приблизительно в пять раз. Теперь можно быстро установить на индикаторе нужное значение, а затем, вернувшись в обычный режим, получить на выходе требуемое напряжение.

Эксплуатацию трансформатора с описанным блоком управления сопровождает такое неприятное явление, как подгорание контактов реле (чему, впрочем, подвержены и ползунок ЛАТР, и переключатели). Если нагрузка трансформатора содержит индуктивную составляющую (например, двигатель или другой трансформатор), то может потребоваться зашунтировать контакты реле защитными RC-цепями (на схеме рис. 1 не показаны). Как вариант, можно устанавливать напряжение без нагрузки, а нагрузку подключать после, тогда подгорания контактов не будет.

В заключение отмечу, что применение описанного блока управления не ограничено только лабораторным трансформатором, его можно использовать, например, в блоке питания. В этом случае на трансформаторе следует оставить только первичную обмотку, вторичные обмотки II—VII и X и пять реле (K1—K5). Можно будет устанавливать напряжение от 1 до 31 В с шагом 1 В, чего для большинства лабораторных блоков питания вполне достаточно.

От редакции. *Файлы программирования РПЗУ DS1 в нескольких форматах с одинаковым содержимым имеются по адресу* ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2016/09/trans.zip*** *на нашем FTP-сервере. В случае неустойчивой работы счётчиков DD2—DD4 необходимо уменьшить ёмкость конденсатора C11.*

тел. 607-88-18 Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru

Универсальное микроконтроллерное зарядное устройство

В. НЕФЁДОВ, г. Брянск

Автор поставил перед собой задачу создать простое универсальное устройство для зарядки любых малогабаритных аккумуляторов и их батарей различных типов, ёмкости и номинального напряжения.

Аккумуляторы сегодня очень распространены, но зарядные устройства для них, имеющиеся в продаже, как правило, не универсальны и слишком дороги. Предлагаемое устройство предназначено для зарядки аккумуляторных батарей и отдельных аккумуляторов (в дальнейшем используется термин "батарея") с номинальным напряжением 1,2...12,6 В и током от 50 до 950 мА. Входное напряжение устройства — 7...15 В. Ток потребления без нагрузки — 20 мА. Точность поддержания тока зарядки — ±10 мА. Устройство имеет ЖКИ и удобный интерфейс для установки режима зарядки и наблюдения за её ходом.

Реализован комбинированный метод зарядки, состоящий из двух этапов. На первом этапе батарею заряжают неизменным током. По мере зарядки напряжение на ней растёт. Как только оно достигнет заданного значения, наступит второй этап — зарядка неизменным напряжением. На этом этапе зарядный ток постепенно снижается, а на батарее поддерживается заданное напряжение. Если напряжение по какой-либо причине упадёт ниже заданного, автоматически вновь начнётся зарядка неизменным током.

Схема зарядного устройства изображена на **рис. 1**. Его основа — микроконтроллер DD1. Он тактирован от внутреннего RC-генератора частотой 8 МГц. Использованы два канала АЦП микроконтроллера. Канал ADC0 измеряет напряжение на выходе зарядного устройства, а канал ADC1 — зарядный ток.

Оба канала работают в восьмиразрядном режиме, точности которого для описываемого устройства достаточно. Максимальное измеряемое напряжение — 19,9 В, максимальный ток — 995 мА. При превышении этих значений на экране ЖКИ HG1 появляется надпись "Hi".

АЦП работает с образцовым напряжением 2,56 В от внутреннего источника микроконтроллера. Чтобы иметь возможность измерять большее напряжение, резистивный делитель напряжения R9R10 уменьшает его перед подачей на вход ADC0 микроконтроллера.

Датчиком зарядного тока служит резистор R11. Падающее на нём при протекании этого тока напряжение поступает на вход ОУ DA2.1, который усиливает его приблизительно в 30 раз. Коэффициент усиления зависит от соотношения сопротивлений резисторов R8 и R6. С выхода ОУ напряжение, пропорциональное зарядному току, через повторитель на ОУ DA2.2 поступает на вход ADC1 микроконтроллера.

На транзисторах VT1—VT4 собран электронный ключ, работающий под управлением микроконтроллера, формирующего на выходе OC2 импульсы, следующие с частотой 32 кГц. Коэффициент заполнения этих импульсов зависит от требуемых выходного напряжения и зарядного тока. Диод VD1, дроссель L1 и конденсаторы C7, C8 преобразуют импульсное напряжение в постоянное, пропорциональное его коэффициенту заполнения.

Светодиоды HL1 и HL2 — индикаторы состояния зарядного устройства. Включённый светодиод HL1 означает, что наступило ограничение выходного напряжения. Светодиод HL2 включён, когда идёт нарастание зарядного тока, и выключен, когда ток не изменяется или падает. В ходе зарядки исправной разряженной батареи сначала будет включён светодиод HL2. Затем светодиоды станут поочерёдно мигать. О завершении зарядки можно судить по свечению только светодиода HL1.

Подборкой резистора R7 устанавливают оптимальную контрастность изображения на табло ЖКИ.

Датчик тока R11 можно сделать из отрезка высокоомного провода от спирали нагревателя или от мощного проволочного резистора. Автор использовал отрезок провода диаметром 0,5 мм длиной около 20 мм от реостата.

Микроконтроллер ATmega8L-8PU можно заменить любым из серии ATmega8 с тактовой частотой 8 МГц и выше. Полевой транзистор BUZ172 следует установить на теплоотвод с площадью охлаждающей поверхности не менее 4 см^2. Этот транзистор можно заменить другим p-канальным с допустимым током стока более 1 А и малым сопротивлением открытого канала.

Вместо транзисторов КТ3102Б и КТ3107Д подойдёт и другая комплементарная пара транзисторов с коэффициентом передачи тока не менее 200. При правильной работе транзисто-

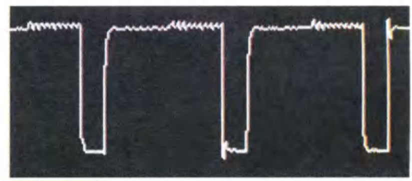
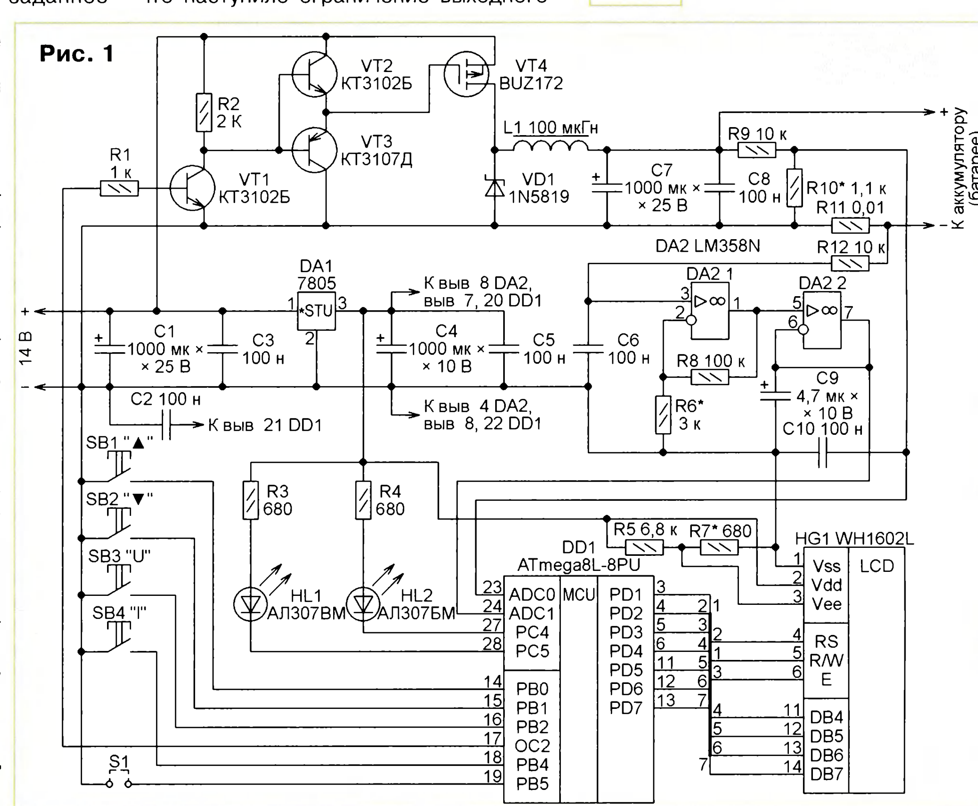


Рис. 2



ров VT1—VT3 сигнал на затворе транзистора должен быть аналогичен показанному на **рис. 2**.

Дроссель L1 извлечён из компьютерного блока питания (он намотан проводом диаметром 0,6 мм).

Конфигурация микроконтроллера должна быть запрограммирована в соответствии с **рис. 3**. Коды из файла V_A_256_16.hex следует занести в память программ микроконтроллера. В EEPROM микроконтроллера должны быть записаны следующие коды: по адресу 00H — 2CH, по адресу 01H — 03H, по адресу 02H — 0BEH, по адресу 03H — 64H.

Вместо батареи подключите к устройству последовательно амперметр и мощный резистор или автомобильную лампу. Изменяя напряжение питания (но не ниже 7 В) или подбирая нагрузку, установите ток через неё равным 1 А. Подберите резистор R6 таким, чтобы на выходе ОУ DA2.2 было напряжение 1,9...2 В. Как и резистор R10, резистор R6 удобно составить из двух.

Отключите питание, подключите ЖКИ и установите микроконтроллер. К выходу устройства присоедините резистор или лампу накаливания 12 В на ток около 0,5 А. При включении устройства на ЖКИ будут выведены напряжение на его выходе U и ток зарядки I, а также напряжение ограничения U_z и максимальный ток зарядки I_z. Сравните значения тока и напряжения на ЖКИ с показаниями образцовых амперметра и вольтметра. Вероятно, они будут различаться.

☐ RSTDISBL ☐ WDTON ☑ SPIEN ☐ CKOPT ☑ EESAVE ☑ BOOTSZ1 ☑ BOOTSZ0 ☐ BOOTRST

☐ BODLEVEL ☑ BODEN ☐ SUT1 ☑ SUT0 ☑ CKSEL3 ☐ CKSEL2 ☑ CKSEL1 ☑ CKSEL0

Рис. 3

Налаживание зарядного устройства можно начинать без ЖКИ и микроконтроллера. Отключите транзистор VT4, а точки подключения его стока и истока соедините перемычкой. Подайте на устройство напряжение питания 16 В. Подберите резистор R10 таким, чтобы напряжение на нём находилось в пределах 1,9...2 В. Можно составить этот резистор из двух, соединённых последовательно. Если источника напряжения 16 В не нашлось, подайте 12 В или 8 В. В этих случаях напряжение на резисторе R10 должно быть соответственно около 1,5 В или 1 В.

Выключите питание, установите перемычку S1 и вновь включите питание. Для калибровки амперметра нажмите и удерживайте кнопку SB4, а кнопками SB1 и SB2 установите на ЖКИ значение, ближайшее к показываемому образцовым амперметром. Для калибровки вольтметра нажмите и удерживайте кнопку SB3, а кнопками SB1 и SB2 установите на ЖКИ значение, равное показываемому образцовым вольтметром. Не выключая питания, снимите перемычку S1. Калибровочные коэффициенты будут записаны в EEPROM микроконтроллера для напряжения по адресу 02H, а для тока — по адресу 03H.

Выключите питание зарядного устройства, установите на место транзистор VT4, а к выходу устройства подключите автомобильную лампу на 12 В. Включите устройство и установите U_z=12 В. При изменении I_z должна плавно меняться яркость свечения лампы. Устройство готово к работе.

Требуемый зарядный ток и максимальное напряжение на батарее устанавливают кнопками SB1 "▲", SB2 "▼", SB3 "U", SB4 "I". Интервал изменения зарядного тока — 50...950 мА с шагом 50 мА. Интервал изменения напряжения — 0,1...16 В с шагом 0,1 В.

Для изменения U_z или I_z нажмите и удерживайте соответственно кнопку SB3 или SB4, а с помощью кнопок SB1 и SB2 установите требуемое значение. Через 5 с после отпускания всех кнопок установленное значение будет записано в EEPROM микроконтроллера (U_z — по адресу 00H, I_z — по адресу 01H). Следует иметь в виду, что удержание кнопки SB1 или SB2, нажатой более 4 с, увеличивает скорость изменения параметра приблизительно в десять раз.

От редакции. Программа микроконтроллера имеется по адресу ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2016/09/v-a-256_16.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

ОБМЕН ОПЫТОМ

Доработка фонаря HG-528 HUAGE

П. ЮДИН, г. Уфа

Как показала практика, довольно частая неисправность аккумуляторных светодиодных фонарей HG-528 HUAGE и аналогичных по схеме (**рис. 1**,а) — выход из строя светодиодов EL1—EL5. Как видно, аккумулятор GB1, постоянно соединённый с зарядным устройством, подключается к ним переключателем SA1, у которого задействован только замыкающий контакт. Светодиоды выходят из строя из-за того, что хозяева забывают их отключить, когда подключают фонарь к сети для зарядки аккумулятора. Чтобы этого не случилось, предлагаю изменить схему коммутации, как показано на рис. 1,а утолщённой штриховой линией, т. е. использовать размыкающий контакт переключателя для соединения аккумулятора с зарядным устройством. Подключить светодиоды к аккумуляторной батарее GB1 во время зарядки теперь будет невозможно, так как для включения его на зарядку необходимо установить переключатель SA1 в положение, показанное на схеме.

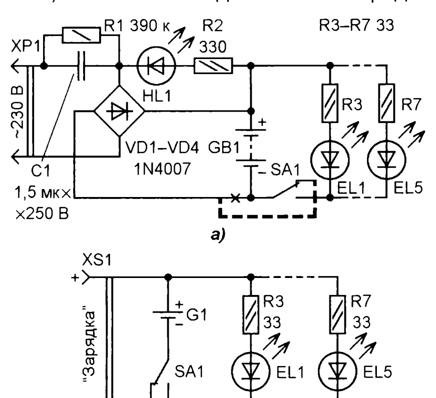


Рис. 1

Применяемые в этих фонарях аккумуляторы не отличаются продолжительным сроком службы и довольно скоро теряют ёмкость. Потерявший ёмкость или вышедший из строя аккумулятор фонаря можно заменить подходящим по размерам литий-ионным аккумулятором от сотового телефона, например Motorola C-300. В таком случае из фонаря вначале удаляют все элементы зарядного устройства (C1, R1, R2, VD1—VD4, HL1) и штыри сетевой вилки XP1. На освободившееся место, немного подпилив, если необходимо, пластмассовые детали корпуса фонаря, устанавливают аккумулятор от телефона (**рис. 2**), а в одно из освободившихся от штырей сетевой вилки отверстий вклеивают разъём для подключения зарядного устройства от того же мобильного телефона. Остаётся в соответствии со схемой на рис. 1,б припаять к аккумулятору G1 провода, соединяющие его с разъёмом XS1, переключателем SA1 и токоограничивающими резисторами R3—R7, и фонарь готов для дальнейшей эксплуатации.

Рис. 2



От редакции. При доработке фонаря в соответствии со схемой рис. 1,а рекомендуется в разрыв одного из сетевых проводов установить резистор сопротивлением 100 Ом мощностью рассеяния 0,5 Вт.

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Усовершенствованный источник питания на UCC28810 для светодиодных светильников

В. ЛАЗАРЕВ, г. Вязьма Смоленской обл.

В предыдущей статье автора ("Источник питания на UCC28810 для светодиодного светильника мощностью 18...48 Вт" в "Радио", № 7 за 2016 г. на с. 18) был описан источник питания для светодиодного светильника, который обладает параметрами, позволяющими отнести его к источникам высокого класса (премиум-класса). Автору удалось модернизировать устройство, упростив его, но оставив параметры на высоком уровне. Отличительная особенность усовершенствованного устройства — применение активного токоизмерительного шунта.

Продолжая популярную тему светодиодного освещения, а именно источников питания для светодиодных светильников, хочу представить ещё один вариант LED-драйвера на широко распространённой микросхеме UCC28810 [1]. Это доработанная и упрощённая версия источника, описанного в [2]. Было решено всё-таки отказаться от применения дополнительного активного корректора мощности на микросхеме L6561D, который служил в основном для питания микросхемы UCC28810 постоянным током, что позволяло избавиться от пульсаций выходного тока с частотой 100 Гц. В предлагаемом варианте проблема пульсаций выходного тока, а следовательно, пульсаций светового потока светильника, решилась полной переработкой узла обратной связи — по сути, изменением принципа её действия, что также привело к значительному упрощению устройства примерно на треть. Пришлось, правда, немного пожертвовать техническими характеристиками источника питания: сузился интервал входного напряжения и немного снизился коэффициент мощности, но зато коэффициент пульсаций светового потока остался на прежнем уровне — менее 1 %. Схема получившегося источника приведена на **рис. 1**.

Основные технические характеристики

Входное переменное напряжение, В ....180...265
Выходной постоянный стабилизированный ток, мА 350
Интервал выходного напряжения, В ....60...130
Максимальная выходная мощность, Вт 46
Коэффициент мощности, не менее 0,96
Коэффициент пульсаций светового потока, %, не более 1
КПД ....0,9...0,91

Первичная часть LED-драйвера осталась без изменений, кроме номиналов некоторых элементов. Отличительная особенность вторичной части — активный токоизмерительный шунт, изменяющий своё сопротивление в зависимости от протекающего через него тока. Его сопротивление образовано резисторами R19, R26 и сопротивлением канала полевого транзистора VT3. Общее сопротивление шунта в конкретный момент зависит от состояния транзистора VT3. Управляет его состоянием, а следовательно, и общим сопротивлением шунта компаратор на ОУ DA2.1. Падение напряжения с шунта через делитель R29R32R37 и защитный стабилитрон VD16 поступает на инвертирующий вход компаратора на ОУ DA2.2, который управляет оптопарой U1. Образцовые уровни для обоих компараторов задаёт общий прецизионный источник на параллельном стабилизаторе DA3.

В начальный момент на выходе компаратора DA2.1 присутствует высокий уровень, транзистор VT3 открыт. Сопротивление шунта определяется в этом случае в основном резистором R19, поскольку сопротивление канала транзистора в открытом состоянии всего

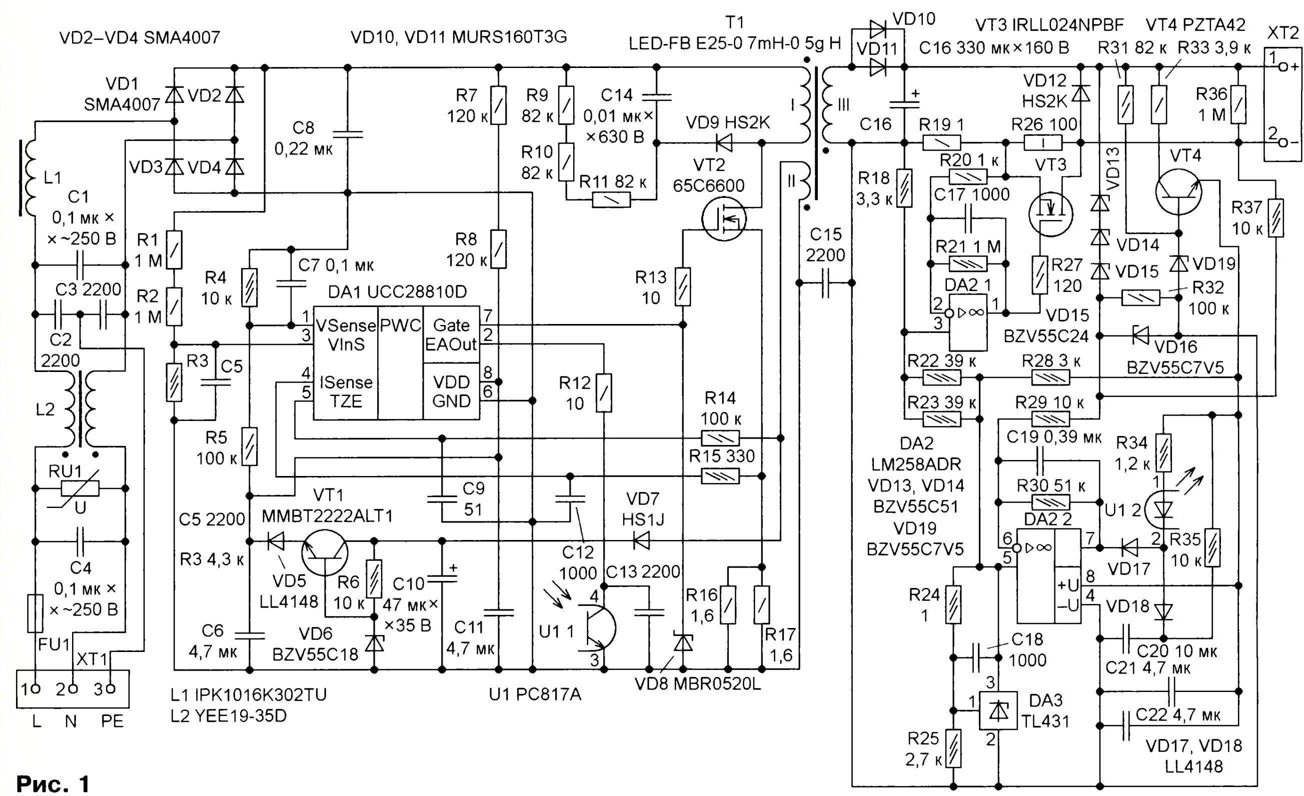


Рис. 1

тел. 607-88-18

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

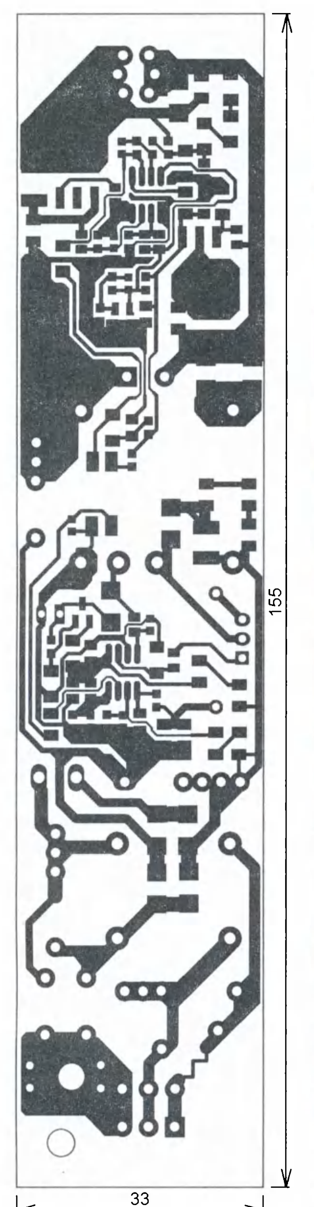


Рис. 2

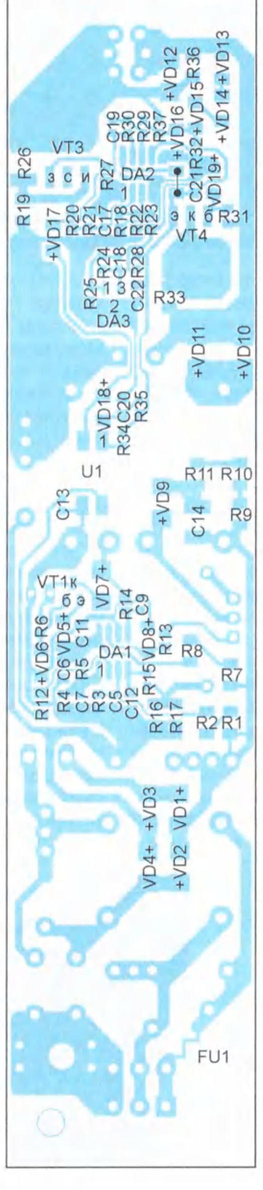
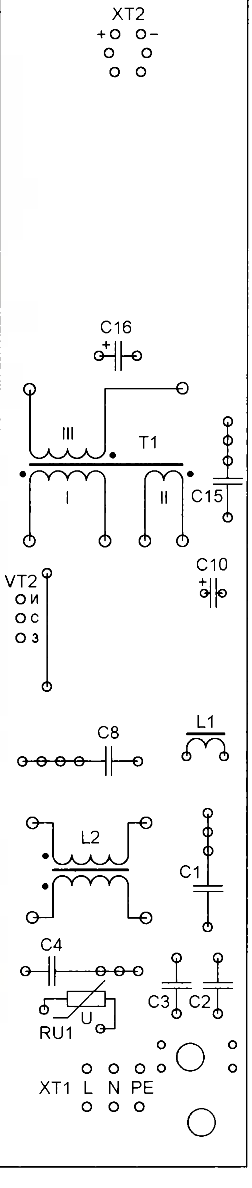


Рис. 3



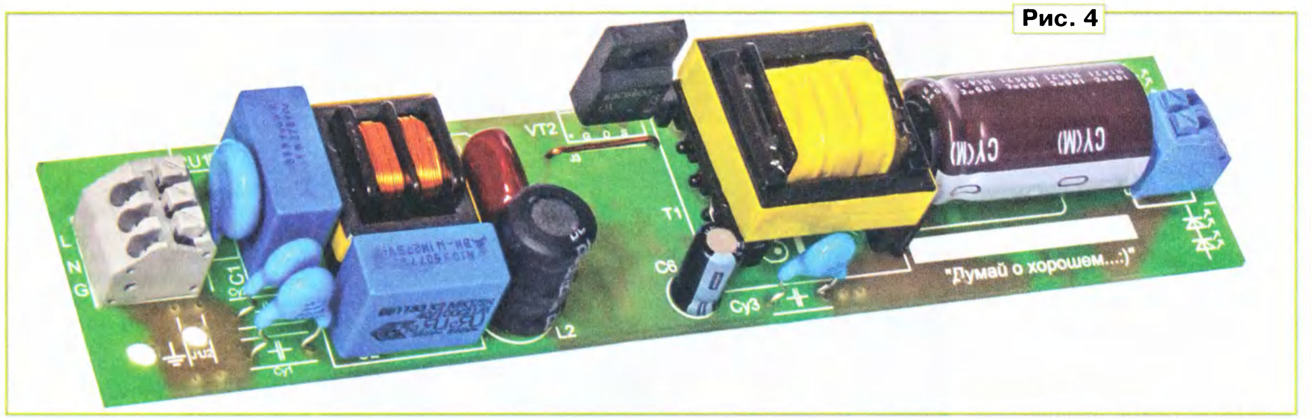


Рис. 4

лишь около 65 мОм. Так как общее сопротивление шунта мало, то и падение напряжения на нём мало — меньше, чем образцовый уровень на неинвертирующем входе DA2.2, следовательно, на выходе этого компаратора — высокий уровень и оптопара закрыта. По мере возрастания тока через резистор R19 падение напряжения на нём приблизится к пороговому значению, и при его достижении компаратор DA2.1 переключится, на его выходе установится низкий уровень, транзистор VT3 закроется. Сразу же резко возрастёт общее сопротивление шунта — примерно до 100 Ом (определяется резистором R26). Мгновенно возросшее на шунте напряжение переключит компаратор DA2.2, на его выходе установится низкий уровень, оптопара откроется и генерация в первичной части преобразователя прекратится. Далее, по мере разрядки оксидного конденсатора C16, падение напряжения на резисторе R19 станет ниже порогового значения, компаратор DA2.1 вернётся в исходное состояние. Транзистор VT3 откроется, общее сопротивление шунтирующей цепи вновь резко уменьшится примерно до 1 Ома, компаратор DA2.2 переключится в исходное состояние, оптопара закроется, генерация возобновится и весь процесс повторится циклически. По сути, узел на транзисторе VT3 и компараторе DA2.1 представляет собой модификацию известного электронного дросселя на полевом транзисторе. Только в нашем случае этот электронный дроссель управляет через оптопару работой всего обратноходового преобразователя.

С помощью параллельно включённых резисторов R22, R23 можно установить любой выходной ток в интервале от 290 до 390 мА. Их, естественно, можно заменить одним резистором соответствующего сопротивления, например, для выходного тока 350 мА вместо двух резисторов по 39 кОм можно применить один сопротивлением 19,5 кОм. Можно также применить и малогабаритный подстроечный резистор. Подбором резистора R3 при необходимости можно установить максимальное значение коэффициента мощности. Резисторы R3, R22, R23, R25 желательно использовать с допуском 1 %. Полевой транзистор 65C6600 (VT2) можно заменить любым другим n-канальным MOSFET с напряжением сток—исток не менее 550 В, током не менее 4 А и сопротивлением канала в открытом состоянии не более 1,5 Ом (для транзистора с большим сопротивлением канала может потребоваться теплоотвод), подойдёт, например, STP5NK60Z. Транзистор IRLL024NPBF (VT3) в корпусе SOT-223 можно заменить на аналогичный низковольтный с напряжением сток—исток не

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

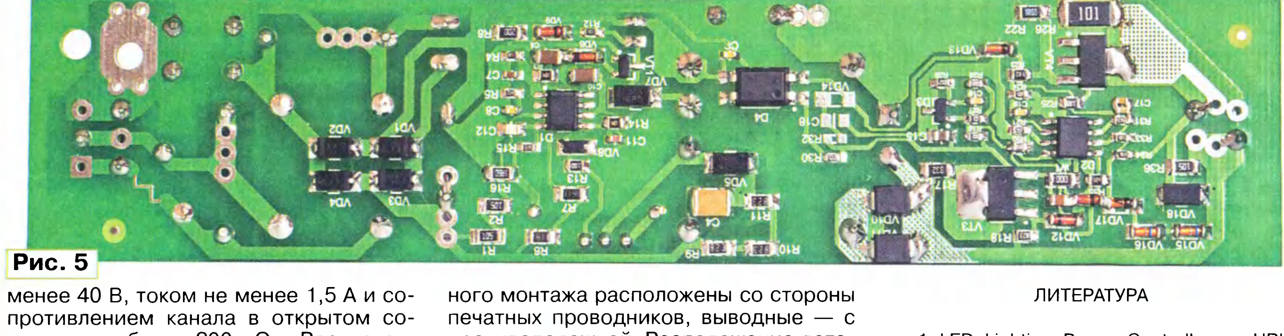


Рис. 5

менее 40 В, током не менее 1,5 А и сопротивлением канала в открытом состоянии не более 200 мОм. Все моточные элементы L1, L2, T1 такие же, как в прототипе [2].

Печатная плата изготовлена из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита, её чертёж приведён на **рис. 2**. Все элементы для поверхностного монтажа расположены со стороны печатных проводников, выводные — с противоположной. Расположение деталей показано на **рис. 3**. Фотографии собранного устройства приведены на **рис. 4**, **рис. 5**. Первый запуск лучше производить, как и любого импульсного источника, через последовательно включённую лампу накаливания.

ЛИТЕРАТУРА

1. LED Lighting Power Controller. — URL: **http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ucc28810.pdf** (15.05.16).

2. **Лазарев В.** Источник питания на UCC28810 для светодиодного светильника мощностью 18...48 Вт. — Радио, 2016, № 7, с. 18—23.

Цифровой инкубатор

С. МИРОНЕНКО, г. Ейск Краснодарского края

Просматривая старые номера журнала "Радио", автор прочитал статью [1], после чего и решил построить собственный домашний инкубатор. При его разработке он использовал ещё одну публикацию журнала — [2].

Так как куриные яйца во время инкубации необходимо периодически переворачивать, сразу было поставлено дополнительное требование — делать это не вручную, что крайне неудобно, а автоматически. Описание нужного для этого устройства управления шаговым двигателем с помощью микроконтроллера я нашёл в [2]. Пришлось немного изменить его схему для работы с шаговым двигателем 4SHG-023A от старого принтера и доработать программу микроконтроллера, чтобы через каждый час передвигать лоток от одного упора до другого. На минуту через каждые три минуты этот же микроконтроллер стал включать вентилятор, равномерно распределяющий тёплый воздух по всему объёму инкубационной камеры.

Пришлось также изготовить блок питания и корпусы для самого инкубатора и его блока управления. Что в итоге получилось, можно судить по фотоснимку на **рис. 1**.

Схема терморегулятора инкубатора изображена на **рис. 2**. По сравнению с описанной в [1] она имеет лишь непринципиальные изменения. В основном они связаны с наиболее удобным для трассировки печатной платы использованием выводов микроконтроллера DD1. Однако программу микроконтроллера пришлось переработать.

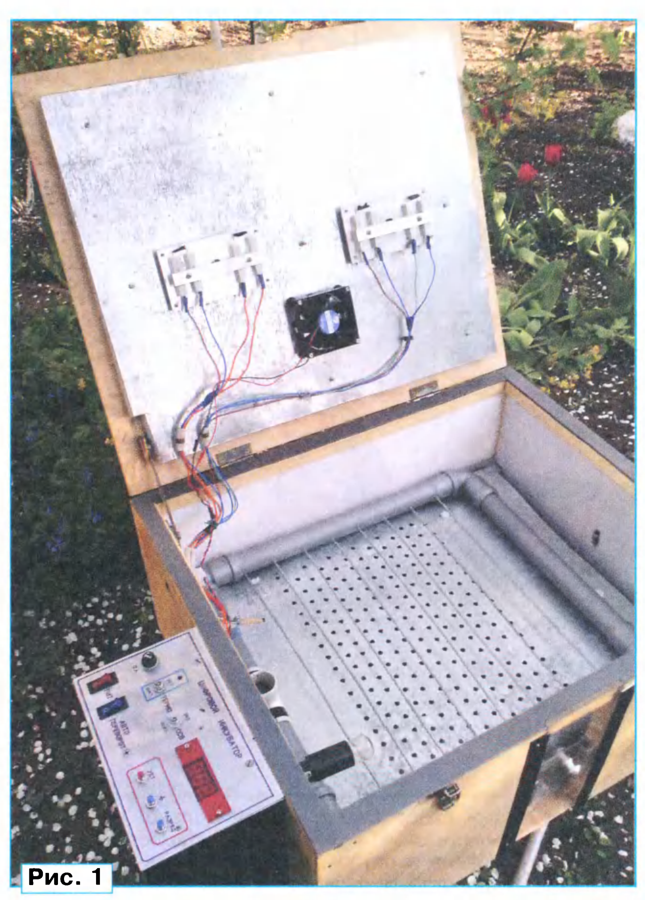


Рис. 1

Цифровой датчик температуры DS18B20 (BK1) находится в инкубационной камере и измеряет температуру в ней с дискретностью 0,1 °С. Измеренные значения отображает трёхразрядный семиэлементный светодиодный индикатор HG1 (FYT-5631BD). С помощью трёх кнопок управления SB1, SB2 и SB3 устанавливают пороги, в пределах которых устройство поддерживает температуру в инкубационной камере.

Нажатием на кнопку SB1 начинают установку нижнего порога температуры, например, 37,5 °С. При температуре ниже этого порога программа должна включить нагреватель. После нажатия начинает мигать с частотой около 2 Гц младший разряд светодиодного индикатора, отображающий десятые доли градуса. Нажимая на кнопку SB2, устанавливают нужное число десятых (от 0 до 9). Затем нажатием на кнопку SB3 переходят к установке единиц градусов, при этом мигает средний разряд индикатора. После ещё одного нажатия на кнопку SB2 устанавливают в старшем разряде индикатора десятки градусов.

Нажав второй раз на кнопку SB1, переходят к установке верхнего порога температуры, например, 38 °С, при превышении которой нагреватель должен быть выключен. Процедура установки верхнего порога аналогична установке нижнего. После третьего нажатия на кнопку SB1 программа выходит из режима установки и начинает поддерживать температуру в заданных пределах. Все введённые значения сохраняются в EEPROM микроконтроллера.

Чертёж разработанной мной печатной платы терморегулятора показан на **рис. 3**.

Схема узла управления нагревателем изображена на **рис. 4**, а его печатной платы — на **рис. 5**. Собственно нагреватель — резисторы R3—R10 общим сопротивлением 750 Ом и суммарной мощностью 80 Вт — находится в инкубационной камере. С помощью симисторного оптрона MOC3043 (U1) и симистора BT134-800 (VS1) на них по сигналу микроконтроллера терморегулятора подаётся напряжение сети ~230 В.

Нагреватель — довольно инерционное устройство. После достижения требуемой температуры и отключения от сети он продолжает некоторое время нагревать воздух. Как показала эксплуатация, по этой причине температура воздуха может на некоторое время превысить установленный порог на 0,5...0,6 °С, что нежелательно. Поэтому в программу микроконтроллера терморегулятора внесены дополнения.

По достижении температуры, на 2 °С меньшей заданного верхнего порога, микроконтроллер начинает формировать на линии RA3, управляющей нагревателем, прямоугольные импульсы со скважностью 2, что соответствует вдвое уменьшенной мощности нагревания. При температуре на 1 °С меньше верхнего порога скважность импульсов возрастает до 4, что понижает мощность ещё в два раза. В итоге размах колебаний температуры вокруг верхнего порога существенно уменьшен.

На **рис. 6** показана схема построенного ещё на одном микроконтроллере PIC16F84A-04/P узла управления шаговым двигателем перемещения лотка с яйцами и вентилятором. К его разъёму

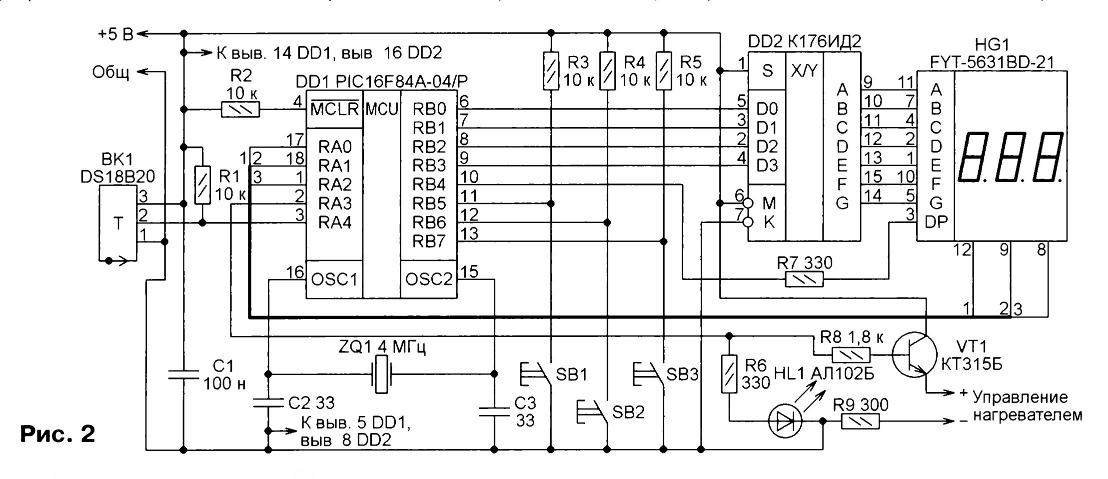
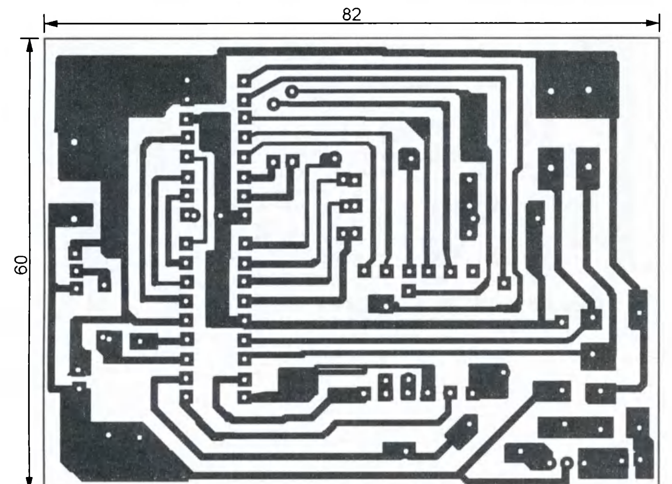


Рис. 2



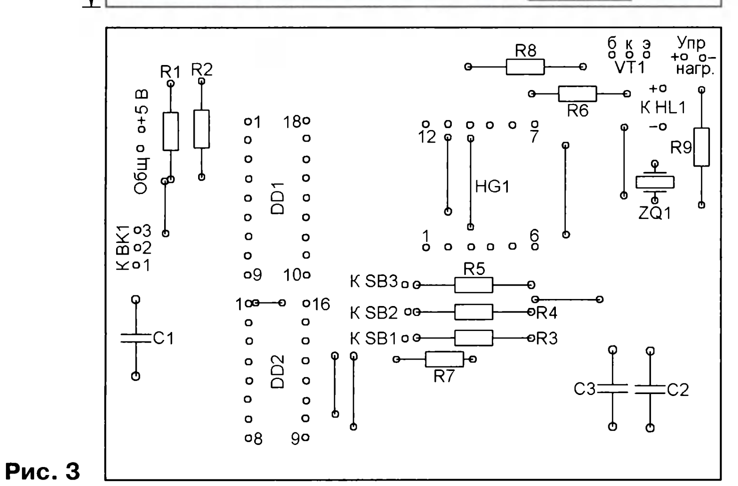


Рис. 3

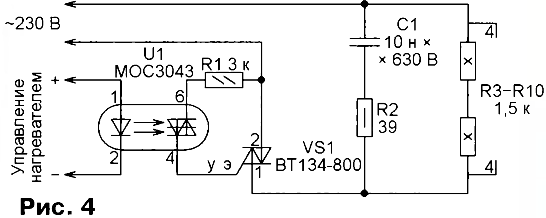
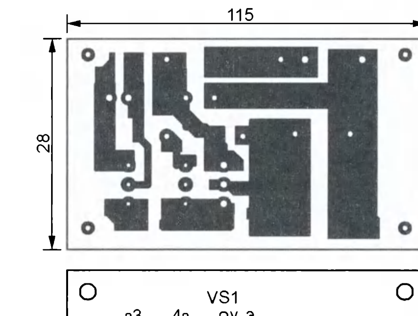


Рис. 4



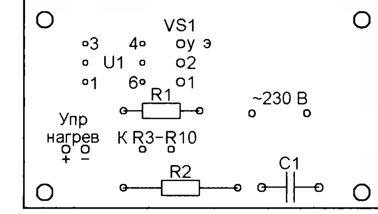


Рис. 5

ХР3 по схеме **рис. 7** подключён шаговый двигатель, а к разъёму ХР1 по схеме **рис. 8** — два конечных выключателя SF1 и SF2, установленных так, что контакты SF1 замыкаются, когда лоток с яйцами находится в крайнем левом положении, а контакты SF2 — в крайнем

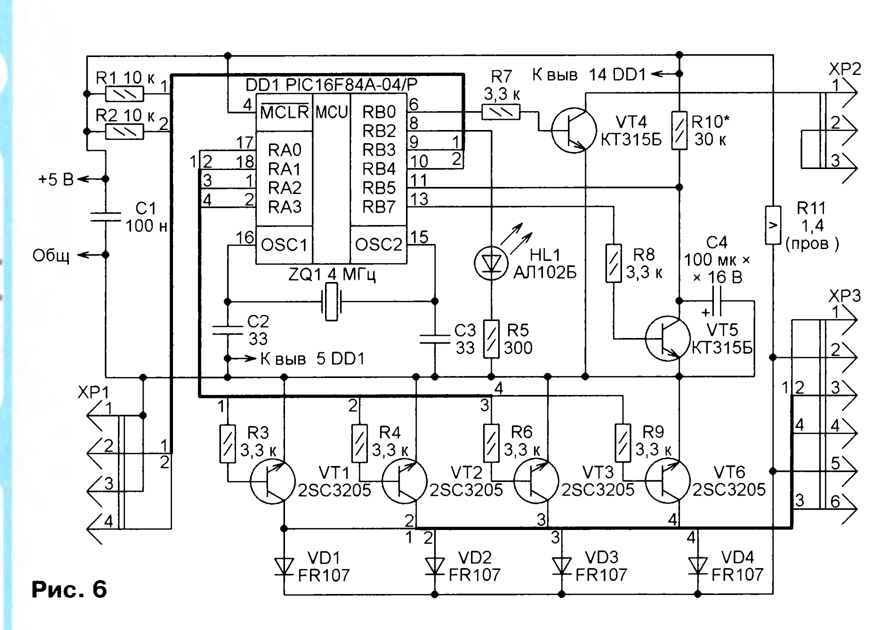


Рис. 6

новки вентилятора, если лоток не находится в крайнем левом положении, перемещает лоток в это положение.

За три дня до окончания срока инкубации рекомендуется выключить вентилятор и автопереворот с помощью не показанного на схеме выключателя, разрывающего цепь питания +5 В платы управления шаговым двигателем и вентилятором.

Гасящий резистор R11 изготовлен самостоятельно из отрезка нихромовой проволоки диаметром 0,5 мм и длиной около 250 мм. Он необходим для того, чтобы погасить излишек питающего напряжения, который возникает в результате того, что при

№ шага	Ток в обмотках			
	A–AB	B–AB	C–CD	D–CD
1	Нет	⎍	Нет	⎍
2	Нет	⎍	⎍	Нет
3	ГГL	Нет	⎍	Нет
4	ГГL	Нет	Нет	⎍

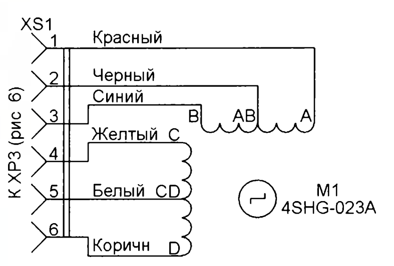


Рис. 7

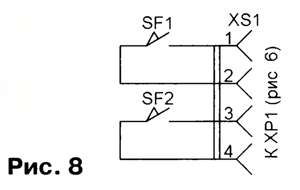


Рис. 8

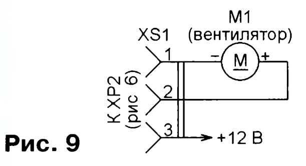
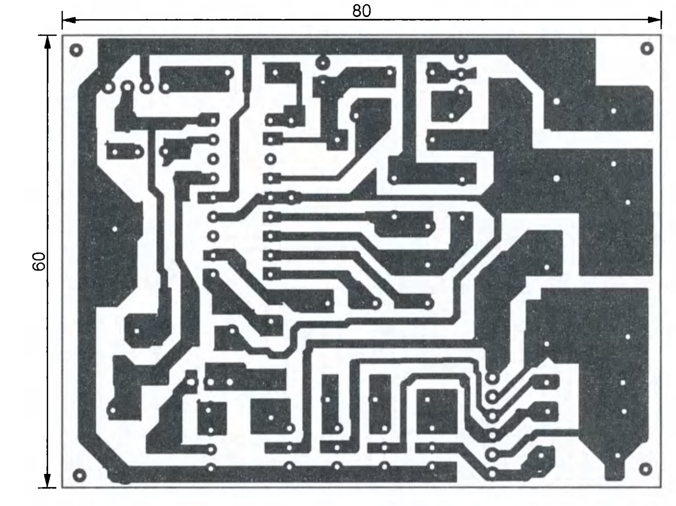


Рис. 9



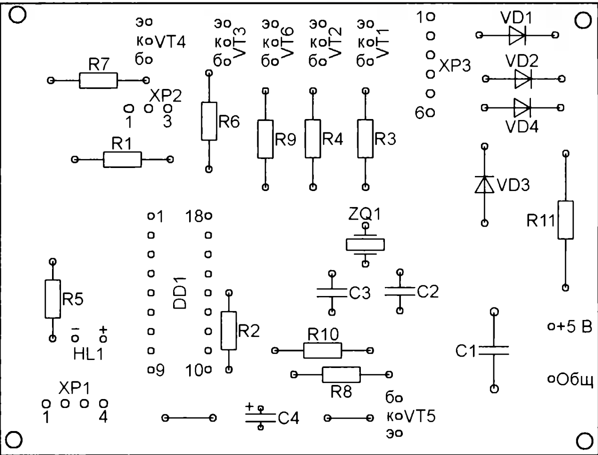


Рис. 10

правом. К разъёму XP2 платы управления подключён по схеме **рис. 9** вентилятор инкубационной камеры. Напряжение +12 В поступает на него от блока питания устройства.

Двигатель M1 с помощью рычага перемещает лоток на 7 см до замыкания одного из конечных выключателей (в зависимости от направления перемещения). Через час двигатель начинает перемещать лоток в противоположную сторону до замыкания другого конечного выключателя. Далее процесс повторяется. Частота шагов двигателя и зависящая от неё скорость движения лотка определяются постоянной времени цепи C4R10, и их можно регулировать подборкой резистора R10.

Чертёж печатной платы блока управления шаговым двигателем и вентилятором показан на **рис. 10**.

При подаче питания на эту плату программа её микроконтроллера включает на 10 с вентилятор, а после оста-

номинальном токе обмотки шагового двигателя 4SHG-023A, равном 1,56 А, на ней падает всего 2,8 В из имеющихся пяти.

Для управления шаговым двигателем на его обмотки нужно подавать

импульсы тока в последовательности, показанной в **таблице**. Далее последовательность повторяется, причём при переборе комбинаций сверху вниз вал двигателя вращается в одном направлении, а снизу вверх — в другом. Длительность импульсов не превышает нескольких миллисекунд, чего достаточно для совершения шага. В паузах между импульсами ротор удерживают в достигнутом положении имеющиеся в двигателе постоянные магниты. Это значительно снижает мощность, рассеиваемую в двигателе и устройстве управления им, облегчает их тепловой режим.

Программа микроконтроллера доработана в среде разработки MPLAB IDE 5.70.40.

Инкубатор подключают к сети ~230 В через блок питания, дающий стабилизированное постоянное напряжение 5 В при токе нагрузки 3 А и нестабилизированное постоянное напряжение 12 В (для питания вентилятора). Ввиду простоты схема этого блока не приводится.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Высочанский П.** Микроконтроллерный термометр-терморегулятор для инкубатора. — Радио, 2007, № 12, с. 36, 37.

2. PIC-контроллер управляет электродвигателем. — Радио, 2002, № 6, с. 4, 5.

***От редакции**. Программы микроконтроллеров имеются по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2016/09/inkub.zip** на нашем FTP-сервере.*

Драйвер шагового двигателя с микрошаговым режимом

М. РЕЗНИКОВ, г. Волчанск, Украина

В статье представлены схема и конструкция, описан принцип действия драйвера биполярного шагового двигателя на базе микроконтроллера ATmega48. Он способен работать со многими двигателями, не содержит специализированных микросхем для управления шаговыми двигателями. Универсальность обеспечена оригинальным методом поддержания заданного тока в обмотках двигателя. Эта конструкция может послужить основой для создания аналогичных устройств, содержащих дополнительные элементы безопасности — опторазвязку входных цепей, защиту от замыкания нагрузки и пр. В описываемом устройстве в связи с предполагаемыми "умеренными" условиями его эксплуатации и для ограничения стоимости такие узлы не предусмотрены.

Целью разработки было создание простого и недорогого драйвера биполярного шагового двигателя универсального применения. Всё программное обеспечение написано на языке ассемблера AVRASM и оптимизировано по времени выполнения, что позволило решить задачу на имеющейся на момент разработки элементной базе.

Основные технические характеристики

Напряжение питания силовой части, В ...27
Напряжение питания логической части, В ...12
Максимальная амплитуда тока фазы двигателя, А, не менее ...5
Минимальная амплитуда тока фазы двигателя, А, не более ...0,25
Предустанавливаемый коэффициент деления шага ...1/8, 1/4, 1/2, 1/1
Автопонижение тока в режиме удержания, % ...65
Задержка автопонижения тока относительно последнего шага, с ...3,4
Уровни управляющих сигналов ...ТТЛ, 5 В
Максимальная частота шагов, кГц ...12
Габариты, мм ...102×68×40

Принципиальная схема драйвера приведена на **рис. 1**. В его основу положены мостовые формирователи тока фаз A и B на полевых транзисторах VT1—VT4, VT5—VT8 соответственно, управляемые специализированными микросхемами-драйверами верхних и нижних ключей полумоста DA5—DA8 IR2104S. Для повышения помехоустойчивости применено раздельное питание силовой части (27 В) и логической части с драйверами силовых ключей (12 В).

Далее рассмотрим часть схемы, относящуюся к одной из фаз (фазе A), поскольку часть, относящаяся к фазе B, действует аналогично.

тел. 608-28-38
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 9, 2016

Приём статей: mail@radio.ru тел. 608-28-38
Вопросы: consult@radio.ru

Мгновенное значение тока фазы устройство определяет по падению напряжения на резисторе R45, которое через интегрирующую цепь R5C6 поступает на неинвертирующий вход усилителя DA1.1 с регулируемым коэффициентом усиления, выполняющего также функцию ФНЧ первого порядка. С выхода усилителя сигнал приходит на инвертирующий вход компаратора DA3.1. Компаратор сравнивает сигнал, пропорциональный текущему через фазу двигателя току, с образцовым напряжением. Его формирует в виде ступенчатой синусоиды (для микрошагового режима работы) Таймер 1 микроконтроллера, работающий в режиме "Быстрая ШИМ" без предварительного деления. Сигнал с выхода таймера пропущен через многозвенный фильтр R1C1R3C4R7C8. Период следования широтно-модулированных импульсов — 12,7 мкс, что соответствует частоте 78,4 кГц. Резистор R23 в рабочем режиме в формировании образцового напряжения не участвует, так как выход PB3 микроконтроллера, к которому он подключён, находится в высокоимпедансном состоянии.

В режиме удержания (после отсутствия импульсов на входе "Шаг" в течение последних 3,4 с) программа устанавливает на выходе PB3 микроконтроллера низкий логический уровень, и амплитуда образцового сигнала понижается. С выхода компаратора DA3.1 с открытым коллектором, нагруженного резистором R25, результат сравнения поступает на вход компаратора DA3.2. Выход компаратора DA3.1 связан также с общим проводом через конденсатор C22. Совместно R25 и C22 — времязадающая цепь узла стабилизации тока. При его падении ниже некоторого образцового уровня происходит зарядка конденсатора C22 через резистор R25. В интервале времени от начала зарядки до достижения напряжением на конденсаторе значения, заданного делителем напряжения R27R28, питание обмотки двигателя отключено, что препятствует быстрым флюктуациям тока около образцового значения.

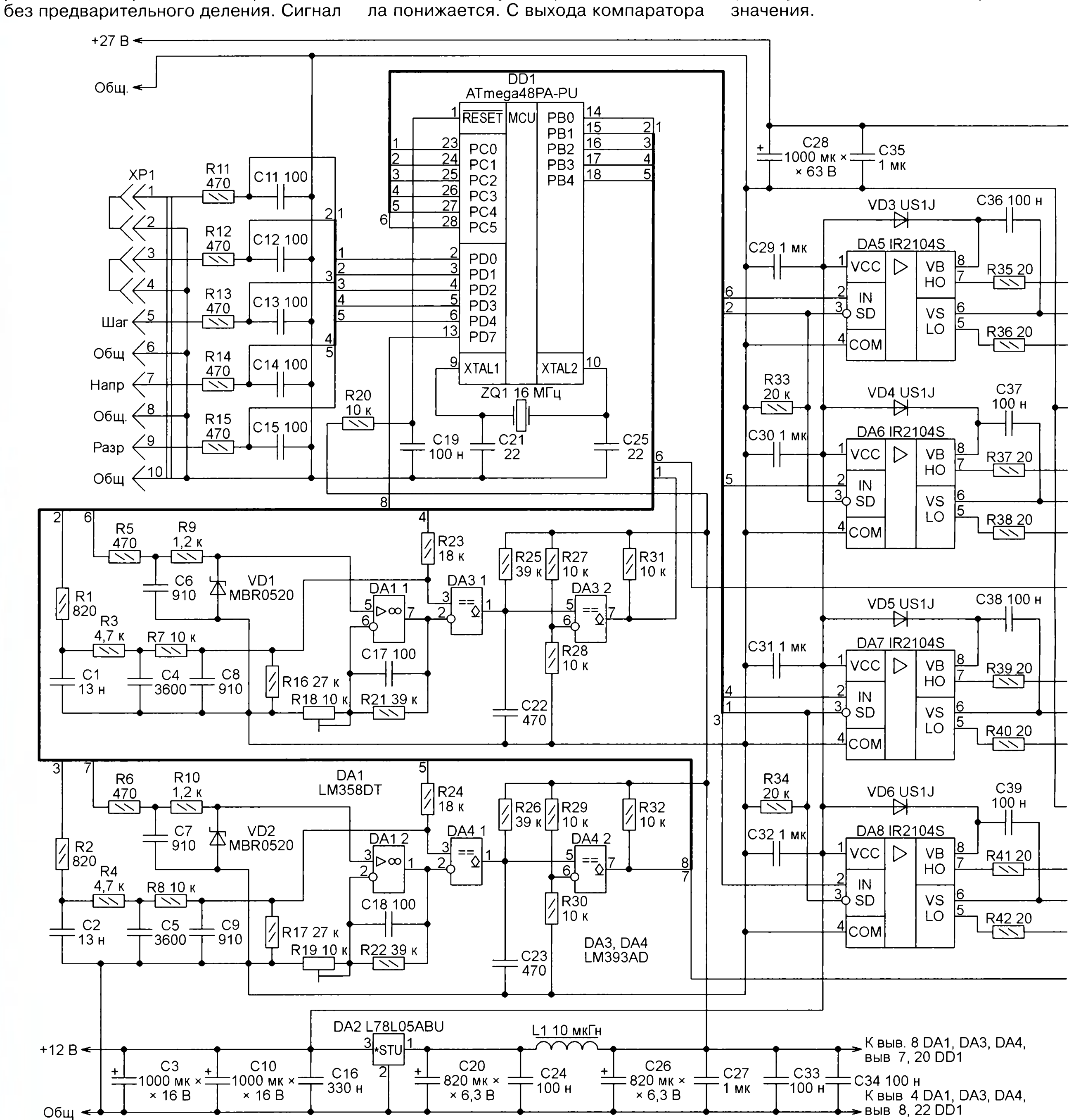
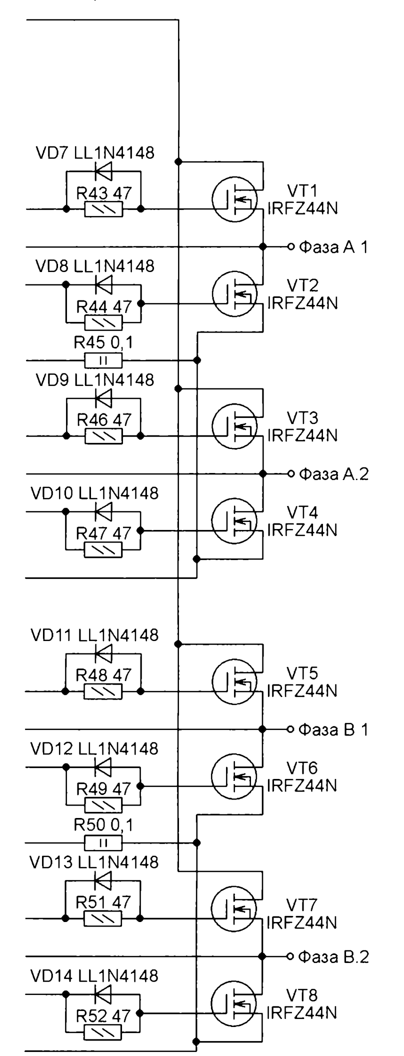


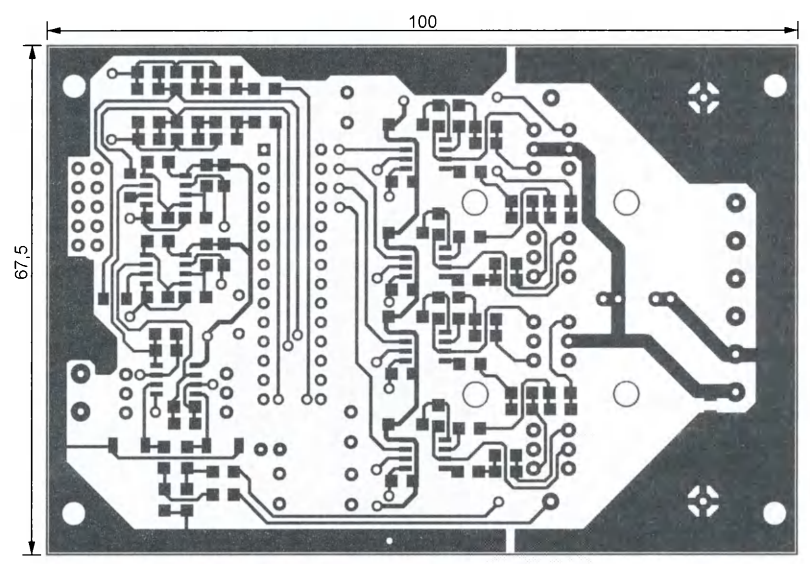
Рис. 1

Этот алгоритм в классическом смысле не относится к алгоритмам стабилизации тока "Fixed-Frequency PWM" или "Fixed-Off-Time PWM", однако на практике он показал хорошую работоспособность. При превышении током образцового значения на выходе компаратора DA3.2 установлен низкий логический уровень. Микроконтроллер реагирует на это отключением обмотки одновременным закрыванием транзисторов VT1—VT4 с помощью сигнала SD, подаваемого на драйверы DA5 и DA6. Этим достигается быстрый спад тока в обмотках двигателя. В случае спада тока ниже образцового происходит обратное, на драйверы DA5 и DA6 поступает сигнал SD высокого уровня, открывающий упомянутые транзисторы, что не препятствует нарастанию тока в обмотке.

Смена ступеней образцового напряжения, а также смена комбинаций



открытых и закрытых транзисторов моста происходит с приходом очередного импульса на вход "Шаг" по алгоритмам, зависящим от предустановленного коэффициента деления шага (наличия перемычек между контактами 1-2 и 3-4 разъёма XP1) и текущего направления вращения (логического уровня сигнала на входе "Напр."). Вход "Разр." был задуман для разрешения и запрета работы двигателя, но в прилагаемой к статье версии программы он не действует.



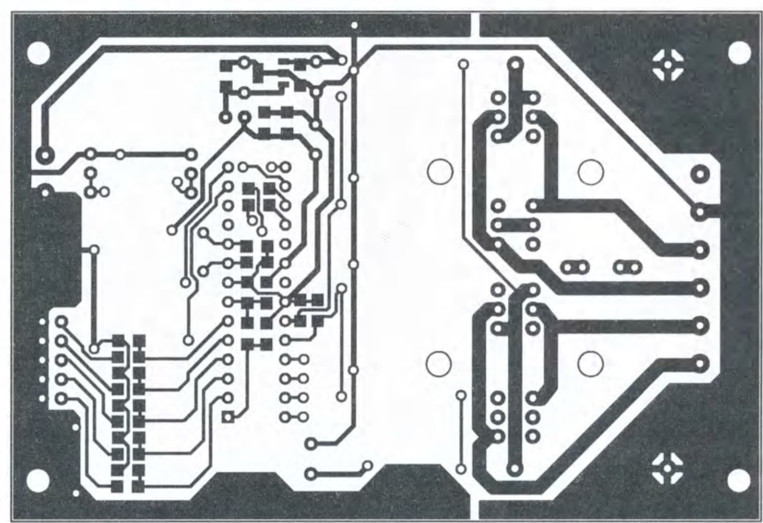


Рис. 2

Таблица 1

$I_{мф}$, A	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	6,5
R18, R19, кОм	0,31	0,62	1,27	2,62	4,07	5,62	7,29	9,09	10,04

Драйвер выполнен на двухсторонней печатной плате, чертёж печатных проводников которой изображён на **рис. 2**, а расположение элементов — на **рис. 3**. Транзисторы VT1—VT8 расположены с одной стороны платы теплоотводящими поверхностями от неё. К этим поверхностям прижат через изоляционные прокладки теплоотвод — в простейшем случае алюминиевая пластина размерами 60×60 мм. Следует заметить, что при токе фаз более 4...5 А и длительном режиме работы теплоотвода в виде пластины может оказаться недостаточно и его поверхность следует увеличить, сделав теплоотвод ребристым или игольчатым.

Материал платы следует выбрать толщиной не менее 1...1,5 мм, толщина фольги — не менее 35 мкм. Печатные проводники, по

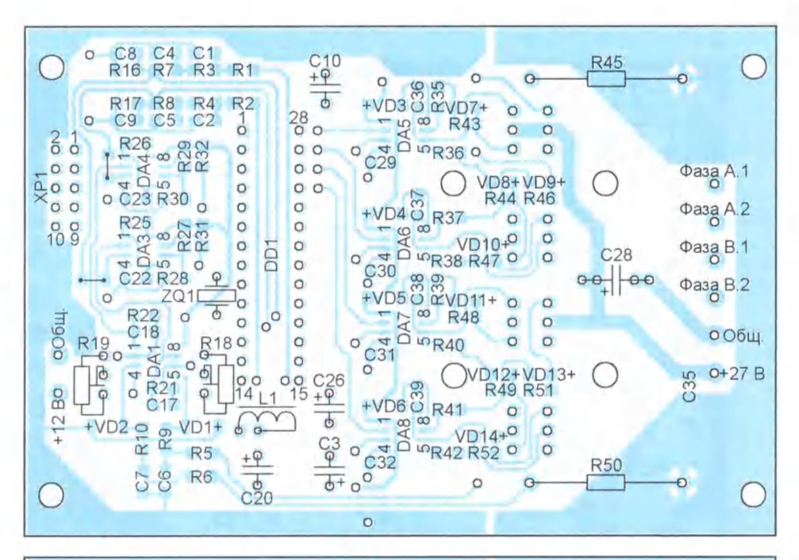
Таблица 2

Перемычки на XP1		Коэффициент деления шага
1-2	3-4	
Есть	Есть	1/1
Нет	Есть	1/2
Есть	Нет	1/4
Нет	Нет	1/8

которым течёт большой ток, следует обильно залудить или бандажировать медной проволокой, припаяв её по всей длине проводника.

Большая часть компонентов конструкции применена в оформлении для поверхностного монтажа. Резисторы и конденсаторы — типоразмера 1206. Ре-

Приём статей: mail@radio.ru тел. 608-28-38
Вопросы: consult@radio.ru



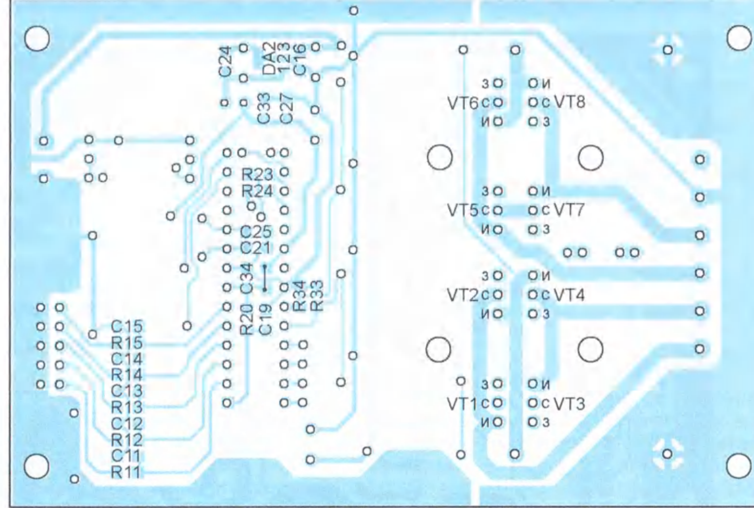


Рис. 3

зисторы R45, R50 имеют проволочные выводы и мощность — не менее 2 Вт. оксидные конденсаторы в цепях питания — с малым ESR. Подстроечные резисторы R18 и R19 — многооборотные 3296W.

Амплитудные значения тока фаз двигателя регулируют подстроечными резисторами R18, R19. Проще всего это делать, переведя драйвер в режим микрошага 1/8 и контролируя цифровым вольтметром падение напряжения на резисторах-датчиках тока R45 и R50. Подавая на вход "Шаг" одиночные импульсы, добиваются максимальных значений тока поочерёдно в фазах A и B. Подстроечными резисторами устанавливают эти значения одинаковыми и соответствующими требуемой амплитуде тока. Уменьшение сопротивления подстроечных резисторов приводит к снижению тока, и наоборот. Для ориентировки можно воспользоваться **табл. 1**, в которой приведена зависимость амплитуды тока фазы $I_{mф}$ от введённого сопротивления подстроечного резистора.

Перед включением драйвера следует установить перемычки между контактами 1-2 и контактами 3-4 разъёма XP1, обеспечивающие нужный коэффициент деления шага двигателя в соответствии с **табл. 2**. Программа анализирует состояние перемычек однократно в начале своей работы, дальнейшее изменение их состояния никакого влияния на работу драйвера не оказывает. Переключение коэффициента деления "на ходу" в предлагаемой версии программы не предусмотрено.

***От редакции**. Программа микроконтроллера и файл печатной платы в формате Sprint Layout 6.0 имеются по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2016/09/est-drv.zip** на нашем FTP-сервере.*

Устройство поддержания микроклимата в зимнем саду — домашняя метеостанция

А. САВЧЕНКО, пос. Зеленоградский Московской обл.

Особенности конструкции исполнительных устройств

Подсветка растений может производиться как специальными фитосветильниками, так и обычными, предназначенными для освещения помещения, если интенсивность и спектр их излучения подходят для растений. В последнем случае необходимо тщательно продумать схему включения светильников, чтобы не получилось, что один и тот же провод светильника его настенным выключателем будет соединён с фазным проводом сети, а через разъём X4 — с нейтральным проводом, что приведёт к аварии.

Окончание.
Начало см. в "Радио", 2016, № 8

Для обеспечения в помещении требуемой влажности воздуха можно использовать бытовые увлажнители (один или несколько в зависимости от площади помещения). Увлажнитель должен быть самым простым, без встроенных средств контроля влажности. Выключатель на корпусе увлажнителя должен быть постоянно включён, а сетевой шнур подключён к разъёму X5. Устройство будет само включать и выключать увлажнитель.

Для управления водяным отоплением в разрыв трубы, подающей в систему горячую воду, установлен клапан Danfoss RAV8 с нормально открытым термоэлектрическим приводом Danfoss TWA-V NO 230 V. Напряжение питания привода — ~230 В, потребляемая мощность — всего 1 Вт. Благодаря тому что клапан нормально открыт, при отсутствии на приводе управляющего напряжения система отопления будет включена. Это исключит замораживание растений зимой в результате неисправности устройства или отсутствия напряжения в питающей сети.

Система вентиляции помещения может содержать как приточный, так и вытяжной вентиляторы или их комбинацию. Общая мощность вентиляторов не должна превышать 200 В·А.

Автор использовал шторы, изготовленные на основе оконных рулонных штор с ручным цепным приводом (**рис. 9**). Их выпускают разных размеров и с различной расцветкой полотна и продают во многих магазинах. Так как основная задача штор в летнем саду — снизить приток тепла в помещение за счёт экранирования солнечного излучения, целесообразно выбирать их со светлым (хорошо отражающим свет), но в то же время плотным (с малым светопропусканием) полотном. В этом случае шторы будут наиболее эффективны. Ширину шторы выбирают исходя из полного перекрытия ею оконного проёма, а длину — на 40...50 см больше высоты окна.

Рис. 9

Втулка со шкивом
Магнит (2 шт.)
Втулка переходная
Винт М3 потайной (2 шт)

Рис. 10

Рис. 11

Штора состоит из металлического вала диаметром 25 мм, на котором намотано полотно шторы. В отверстия вала с двух сторон вставлены пластиковые втулки, оси которых свободно вращаются в отверстиях кронштейнов, с помощью которых вся конструкция крепится к стене.

На правой втулке размещён механизм привода шторы, который позволяет поднимать и опускать её полотно с помощью шариковой цепи. Чтобы снабдить штору электроприводом, эту втулку следует доработать. С неё снимают закреплённую защёлками крышку, после чего снимают со шкива шариковую цепь. С внешнего торца втулки удаляют металлический вал с элементами тормозной системы, с помощью которого она закреплена в отверстии кронштейна.

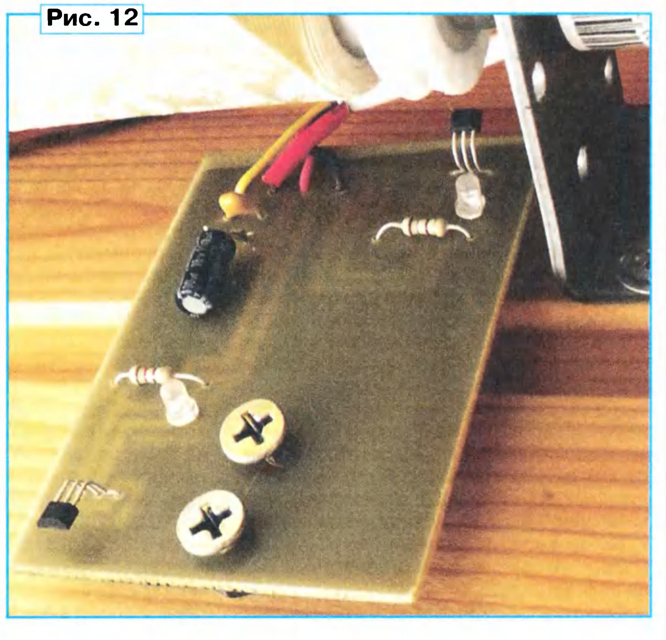
Тормозная система не даёт возможности полотну разматываться под собственным весом. В шторе с электроприводом функцию тормоза выполняет редуктор электродвигателя, который благодаря большому передаточному числу создаёт значительный тормозящий момент при передаче усилия в направлении от полотна к двигателю.

Мотор-редукторы Gekko MR25-275 продают в магазинах робототехники. Там же были приобретены переходные втулки для соединения валов мотор-редукторов с приводимыми ими в действие механизмами, а также цилиндрические магниты диаметром 3 и высотой 3 мм и прямоугольные магниты размерами от 10×10 до 20×20 мм толщиной 3...4 мм. Из металлических уголков 40×60 мм длиной 40 мм с толщиной полок 2,5 мм и были изготовлены кронштейны для крепления мотор-редукторов к стене.

Снятую со шторы втулку со шкивом для приводной цепи пришлось доработать согласно **рис. 10**. В её внешнем торце просверлены два отверстия с резьбой М3 для винтов с потайными головками, которыми закреплена переходная втулка для вала мотор-редуктора. В пазе шкива, в котором ранее находилась шариковая цепь, диаметрально противоположно просверлены два отверстия диаметром 3,5 и глубиной 6 мм.

Из пар стержневых магнитов длиной 3 мм изготовлены магниты диаметром 3 и длиной 6 мм. Каждая пара стержней соединена противоположными полюсами, и на неё надет и слегка прогрет отрезок термоусаживаемой трубки диаметром 3 мм. К сожалению, готовых магнитов нужного размера найти не

Рис. 12



удалось, поэтому и пришлось собирать каждый из двух меньших. Полученные магниты вклеены в отверстия шкива заподлицо с его внешней поверхностью. При вращении вала шторы они должны воздействовать на магнитный датчик его полуоборотов.

Из металлического уголка изготовлен кронштейн для крепления мотор-редуктора к стене. На полке уголка должны быть просверлены отверстия для вала мотор-редуктора и его крепёжных винтов. Отверстие для вала должно находиться на таком же расстоянии от поверхности уголка, крепящегося к стене, как и у заводского кронштейна на противоположном конце вала.

В подошве уголка просверлены два отверстия для его крепления к стене. Их следует располагать подальше от продольной оси мотор-редуктора, иначе при установке кронштейна на стену возможны затруднения.

Штору следует закрепить на стене приблизительно на 15 см выше верха оконного проёма. Делать это целесообразно в следующей последовательности:

— закрепить мотор-редуктор на изготовленном для него кронштейне;

— установить правую и левую (доработанную) втулки в отверстия вала шторы. Следует иметь в виду, что полотно шторы должно наматываться на вал со стороны стены и окна;

— собрать штору на горизонтальной поверхности (например, на полу), вставив вал правой втулки в отверстие заводского кронштейна, а вал мотор-редуктора — в центральное отверстие переходной втулки, установленной на доработанной левой втулке, и закрепить его имеющимся в переходной втулке винтом;

— замерить расстояния между отверстиями, предназначенными для крепления кронштейнов к стене;

— по результатам замеров разметить на стене отверстия, просверлить их и вставить в отверстия дюбели;

— снять с собранной конструкции правый кронштейн и закрепить его на стене, пользуясь подготовленными отверстиями;

— аккуратно поднять оставшуюся часть собранной шторы, вставить вал правой втулки в отверстие установленного на стене кронштейна;

— закрепить на стене кронштейн с мотор-редуктором, пользуясь подготовленными отверстиями.

Вид установленной шторы со стороны электропривода представлен на **рис. 11**. Теперь можно подать на мотор-редуктор постоянное напряжение 5 В в различной полярности и проверить движение полотна шторы в обоих направлениях.

Печатную плату с магнитными датчиками установите на стену под валом шторы, как показано на **рис. 12**. Датчик оборотов вала (B4 или B6) должен находиться под шкивом с магнитами. Минимальное расстояние от магнита до корпуса датчика должно быть 3...5 мм. Подав питание на плату, поверните вал шторы. Если прохождение каждого магнита над датчиком сопровождает вспышка светодиода — все нормально. В противном случае следует уменьшить расстояние от магнита до датчика, подгибая его выводы.

Далее отрегулируйте датчик верхнего положения шторы. Для этого полотно шторы приведите в положение, которое будет считаться верхним. Обычно оно соответствует полностью открытому проёму окна. На полотне шторы со стороны стены поместите напротив датчика прямоугольный магнит. На рис. 11 можно видеть кольцевой магнит (подойдёт и любой другой), удерживающий на полотне прямоугольный в процессе регулировки. Светлое пятно выше него — просвечивающий сквозь полотно светодиод.

Если светодиод не включается, подгибая выводы датчика, уменьшите расстояние между ним и магнитом. Затем опустите полотно шторы до выключения светодиода и вновь поднимите до его включения. Если положение шторы в момент включения светодиода не совпадает с требуемым верхним положением, следует подкорректировать положение магнита на полотне. По завершении регулировки приклейте магнит к полотну в найденном месте клеем "Момент".

Последнее действие — подсчёт числа полуоборотов вала шторы, за которое её полотно перейдёт из верхнего (открытого) в нижнее (закрытое) положение. Оно зависит от высоты окна, и его значения в каждом конкретном случае могут различаться. Методика здесь проста — подсчёт числа вспышек светодиода в процессе закрывания шторы. Запомните это число, в дальнейшем его потребуется занести в программу микроконтроллера. После этого мотор-редуктор и плату датчиков можно подключить к основной плате устройства.

Общая информация об алгоритмах работы устройства

Для нормального развития субтропических растений требуется световой день длительностью приблизительно 12 ч. Однако во многих регионах нашей страны в течение значительной части года он значительно короче. Например, на широте Москвы его минимальная продолжительность — около 7 ч.

Для управления досветкой растений устройство в начале каждых суток вычисляет время восхода $T_в$ и захода $T_з$ Солнца в точке своего размещения (широта и долгота этой точки записаны в программе) и на основании этой информации вычисляет текущую продолжительность светового дня $T_{св}$. В программе также хранится заданное пользователем значение требуемой продолжительности светового дня $T_{св\ тр}$. Если $T_{св} < T_{св\ тр}$, то вычисляется разность между ними: $\Delta = T_{св\ тр} - T_{св}$. Это промежуток времени, на который должна быть увеличена текущая продолжительность светового дня. Утром устройство включает досветку на $\Delta/2$ раньше восхода Солнца и выключает её в момент восхода. Вечером оно включает подсветку в момент захода Солнца и выключает её через $\Delta/2$ после захода. Использован алгоритм расчёта восхода и захода Солнца, основанный на приведённом в [4].

Требуемую влажность воздуха в помещении пользователь задаёт с помощью меню в пределах 40...70 %. Если влажность стала меньше требуемой на 5 %, устройство включает увлажнитель и выключает его по достижении установленного значения.

Для нормального развития растений в помещении должна поддерживаться определённая температура. При этом нельзя поддерживать в нём постоянную температуру в течение всего года — у растений тоже есть "понятие" о временах года, причём каждый сезон должен иметь свою среднюю температуру воздуха, соответствующую субтропическому климату.

Таблица 1

Месяц	$T_{комф}$, °C	T_{min}, °C
Январь	14	12
Февраль	16	12
Март	18	14
Апрель	22	15
Май	25	15
Июнь	27	15
Июль	27	15
Август	26	15
Сентябрь	22	15
Октябрь	19	14
Ноябрь	16	14
Декабрь	12	12

Чтобы выполнить это требование, в EEPROM микроконтроллера DD2 записан закон изменения температуры в помещении по месяцам в течение года. Он содержит значения комфортной и минимально допустимой температуры для каждого месяца согласно **табл. 1**.

Управляя работой системы отопления, вентиляции и оконными шторами, устройство стремится поддерживать в помещении температуру, отличающуюся от комфортной не более чем на 1 °C. На практике, однако, этот допуск удаётся выдержать только в холодное время года, когда работает общедомовая система отопления. В остальное время, при избыточном притоке тепла в помещение, устройство стремится не допустить превышения комфортной температуры.

Если температура в помещении по каким-либо причинам упала ниже минимально допустимой, устройство приблизительно раз в минуту подаёт серии из трёх коротких звуковых сигналов.

Обмен информацией между двумя микроконтроллерами происходит по линиям, соединяющим вывод 34 (PA6) DD2 с выводом 2 (PD0) DD3 и вывод 33 (PA7) DD2 с выводом 3 (PD1) DD3. Микроконтроллер DD2 — ведущий, а DD3 — ведомый.

В исходном состоянии выводы PA7 и PA6 ведущего сконфигурированы как входы, а линии PD1 и PD0 ведомого могут находиться в одном из состояний, приведённых в **табл. 2**. В состоянии готовности ведомого к приёму линии PD1 и PD0 сконфигурированы как входы, а уровни логической единицы на них поддерживают резисторы R30 и R31.

Если ведомый находится в состоянии готовности, ведущий может гене-

рировать запрос на считывание текущего положения штор или команду на изменение положения штор. В обоих случаях происходит пересылка одного байта. При ответе на запрос в этом байте закодировано текущее положение шторы — на сколько полуоборотов, считая от верхнего положения, она опущена. В байте команды на изменения положения штор в старшем разряде байта указано направление перемещения (1 — опустить, 0 — поднять), а в остальных — число полуоборотов перемещения.

При выдаче запроса на считывание положения штор ведущий конфигурирует свои выводы PA7 и PA6 как выходы и на 20 мс устанавливает на них код 01. После этого он переконфигурирует выводы в режим входов (при этом уровни логической единицы на линиях удерживают резисторы R30 и R31) и ожидает байт информации от ведомого.

Таблица 2

PD1	PD0	Состояние микроконтроллера DD3
0	0	Режим ручного управления
1	0	Не готов к приёму
1	1	Готов к приему

Ведомый, дождавшись возврата вывода PD0 в единичное состояние, конфигурирует свои выводы PD1 и PD0 как выходы и начинает передачу. Информацию он передаёт последовательным кодом по линии PD0, сопровождая каждый разряд синхроимпульсом по линии PD1. По завершении передачи ведомый конфигурирует свои выводы PD1 и PD0 как входы.

Чтобы подать команду смены положения штор, ведущий конфигурирует выводы PA7 и PA6 как выходы и на 20 мс устанавливает на них код 00, после чего начинает передавать байт команды, формируя его последовательный код на выводе PA6 и сопровождая каждый разряд синхроимпульсом на выводе PA7. По завершении передачи ведущий конфигурирует свои выводы PA7 и PA6 как входы.

Ведомый, получив кодовую комбинацию 00, переходит в режим приёма команды. Завершив приём, он конфигурирует свои выводы PD1 и PD0 как выходы, устанавливает на них код 10 ("Не готов к приёму") и приступает к выполнению команды, предварительно проверив её содержимое на допустимость. Если при проверке в команде обнаружено недопустимое значение, оно будет заменено находящимся в допустимых пределах. Выполнив команду, ведомый вновь переходит в состояние готовности.

Алгоритм работы микроконтроллера DD2 в упрощённом виде можно представить состоящим из вложенных циклов: годового, суточного, часового, регулирования температуры и основного.

В начале очередного года проверяется корректность его смены. Дело в том, что значение в регистре года может измениться не только в результате его естественной смены, но и по ряду других причин. Например, при сбое или неисправности микросхемы часов реального времени. Несвоевременный "Новый год" грозит тем, что метеоданные, накопленные в EEPROM за всё прошедшее с начала текущего года время, будут уничтожены.

Проверка корректности смены года считается успешно выполненной, если наступивший год на единицу больше предыдущего. Чтобы иметь возможность проверить это, в процессе установки даты значение года загружается как в регистр микросхемы часов реального времени, так и в EEPROM микроконтроллера, откуда выбирается в качестве контрольного в ходе проверки.

Если проверка прошла успешно, программа обновляет контрольное значение года в EEPROM и стирает прошлогодние метеоданные. В противном случае содержимое EEPROM остаётся неизменным, а вместо названия дня недели программа выводит на индикатор сообщение "ОШИБКА ГОДА" и продолжает работать.

В начале каждых суток программа рассчитывает усреднённые за прошедшие сутки значения температуры наружного воздуха и атмосферного давления. Эти сведения заносятся в очередные ячейки области EEPROM, хранящей метеоданные за текущий год. Проверяется, не требуется ли обновление максимальных и минимальных за текущий квартал значений наружной температуры и атмосферного давления. Если требуется, хранящиеся в EEPROM значения будут обновлены.

Обнуляются ячейки ОЗУ часов реального времени, хранящие информацию о суточном ходе наружной температуры и атмосферного давления. Из EEPROM считывается информация о допустимой температуре в помещении. Затем рассчитываются моменты восхода и захода Солнца, текущая продолжительность светового дня, моменты включения и выключения средств досветки растений.

При наступлении очередного часа программа заносит в ячейки ОЗУ часов реального времени значения наружной температуры и атмосферного давления, измеренные в конце предыдущего часа. Она обновляет графики суточного хода температуры и атмосферного давления.

В цикле регулирования температуры программа управляет работой систем отопления, вентиляции и положением оконных штор. Исходные данные для регулирования — температура в помещении, её градиент, состояние и доступность для управления систем отопления и вентиляции, а также оконных штор.

В отличие от рассмотренных выше циклов, выполняемых программой с неизменной периодичностью, период повторения цикла регулирования пользователь может изменять в пределах от 2 до 30 мин. Дело в том, что изменение температуры в помещении под воздействием средств её регулирования происходит не мгновенно, а с некоторой задержкой, зависящей от ряда факторов, например, от теплоёмкости помещения и эффективности средств регулирования. Поэтому в каждом конкретном случае оптимальный период выполнения этого цикла необходимо подобрать экспериментально.

И наконец, основной цикл, который программа повторяет с периодом около секунды. В этом цикле она считывает и отображает информацию с датчиков температуры, влажности, давления и с часов реального времени, управляет увлажнителем, включает и выключает досветку растений, опрашивает органы управления. При выполнении соответствующих условий из главного цикла вызываются рассмотренные выше циклы.

Программа микроконтроллера DD3 при его включении, прежде всего, поднимает шторы в верхнее положение. Считается, что их положение было произвольным и неизвестным программе, а для корректного управления она должна иметь точку отсчёта, которой и служит верхнее положение штор. Такое же действие выполняется и при переводе системы управления шторами из ручного в автоматический режим, поскольку и в этом случае текущее положение штор программа считает неизвестным.

В режиме ручного управления программа устанавливает на линиях связи с микроконтроллером DD2 код 00 (признак ручного управления) и далее постоянно проверяет состояние кнопок SB1—SB4. В зависимости от него она формирует сигналы управления двигателями электроприводов штор. При движении полотен штор программа контролирует состояние датчиков их верхнего положения. Если штора поднимается, срабатывание датчика блокирует её дальнейший подъём. А вот при опускании шторы никакого программного контроля её положения нет (его невозможно достоверно организовать при имеющемся наборе датчиков), поэтому пользователь осуществляет этот контроль визуально, останавливая штору в нужный момент.

В режиме автоматического управления программа конфигурирует выводы PD0 и PD1 как входы и постоянно проверяет их состояние. При обнаружении запроса от ведущего программа идентифицирует его вид и либо передаёт информацию о текущем положении штор, либо принимает команду на изменение их положения. Если принятая команда требует опустить штору, то в первую очередь она проверяется на допустимость. Смысл проверки в том, чтобы не дать возможности опустить полотно ниже допустимого уровня — как уже было отмечено выше, никаких датчиков нижнего положения штор в устройстве нет. Алгоритм проверки прост — текущее положение шторы (число полуоборотов вала от верхнего положения) программа суммирует с числом полуоборотов, содержащимся в команде. Если результат превышает хранящееся в программе максимально допустимое значение, то принятое значение ограничивается. При подъёме штор проверка не нужна, так как в любом случае он будет остановлен сигналом датчика верхнего положения.

В программе предусмотрен обязательный подъём штор после захода Солнца, так как в тёмное время суток они не выполняют теплозащитных функций.

тел. 608-28-38
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 9, 2016

Приём статей: mail@radio.ru тел. 608-28-38
Вопросы: consult@radio.ru

Информация, отображаемая на индикаторе

При включении устройство работает в режиме отображения основной информации (**рис. 13**). На индикатор выведены текущие дата, время и день недели, длительность светового дня на текущие сутки, атмосферное давление, температура в помещении и на улице, влажность в помещении. Показаны установленные пользователем режимы управления отоплением, вентиляцией и шторами.

Справа вверху отображено текущее состояние управляемых устройств: "Вн" — вентиляции, "От" — отопления, "Св" — средств досветки растений, "Ув" — увлажнителя воздуха. Если устройство в данный момент включено, его обозначение обведено рамкой. На рис. 13 — это отопление и досветка растений.

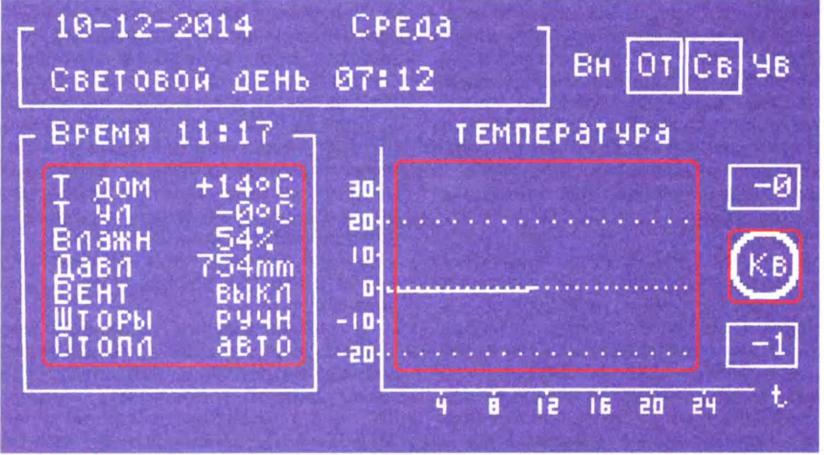


Рис. 13

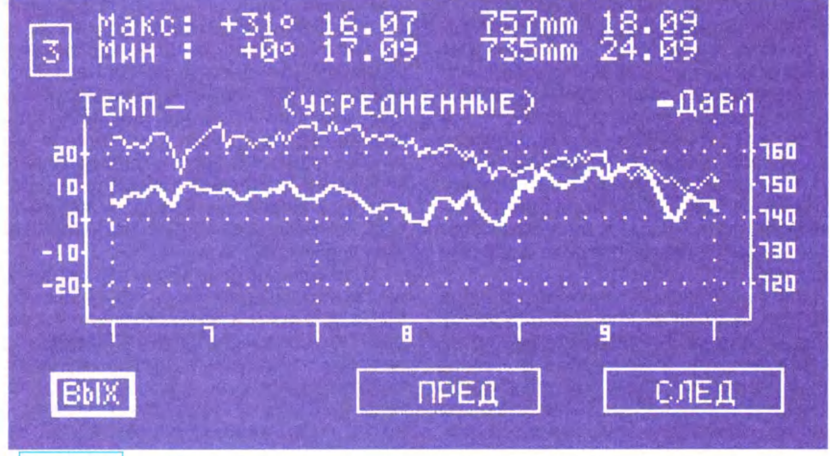


Рис. 14

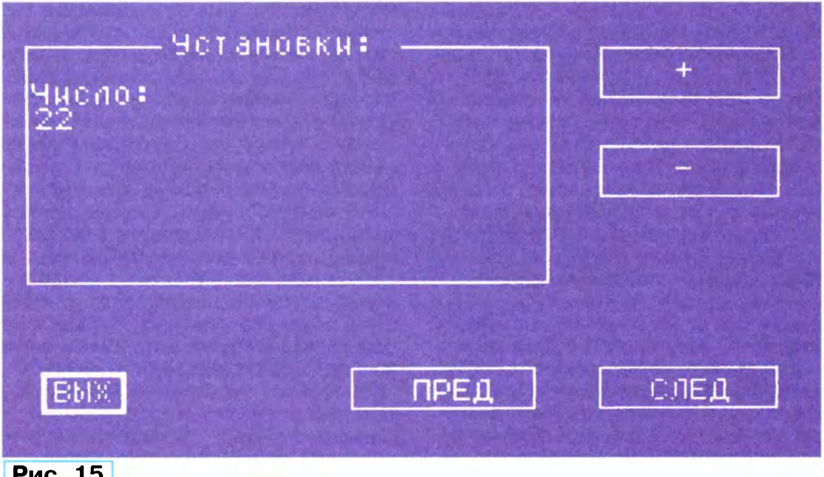


Рис. 15

В нижней правой части экрана выведен график суточного хода наружной температуры или атмосферного давления (по выбору пользователя). Правее графика в прямоугольных рамках размещены максимальное (вверху) и минимальное (внизу) значения отображаемого на графике параметра за истёкшую часть суток.

Три области экрана служат сенсорными кнопками управления. На рис. 13 они обведены красными рамками (на экране таких рамок нет). Нажатием на среднюю кнопку можно выбрать выводимый на график параметр (атмосферное давление или наружную температуру), а нажатием на правую кнопку перевести индикатор в режим отображения метеоданных, накопленных за прошедшую часть текущего года.

Вид экрана индикатора в этом режиме представлен на **рис. 14**. Так как разрешающая способность экрана недостаточна для отображения информации за весь год, она выводится поквартально. В верхней части экрана выведены номер квартала (в рамке) и значения абсолютных максимумов и минимумов наружной температуры и атмосферного давления за выбранный квартал с указанием дат, в которые они были зафиксированы.

В средней части экрана расположен график изменения усреднённых за сутки значений наружной температуры и атмосферного давления в течение квартала. Кривая давления выведена утолщённой линией, температуры — тонкой. По умолчанию при входе в этот режим отображаются данные за текущий квартал. К другим кварталам переходят с помощью экранных кнопок "ПРЕД" и "СЛЕД", а нажатием на экранную кнопку "ВЫХ" возвращаются в режим отображения основной информации. Если в памяти устройства данные за выбранный квартал отсутствуют, на экран будет выведено сообщение "НЕТ ДАННЫХ".

Сервисное меню

С помощью этого меню задают значения параметров, используемых при работе устройства. Оно даёт возможность установить:

— текущие дату, время и день недели;

— часовой пояс места расположения устройства в часах относительно UTC. Эта информация нужна для вычисления времени восхода и захода Солнца;

— требуемую продолжительность светового дня в интервале 10...20 ч с дискретностью 1 ч;

— требуемую влажность воздуха в помещении в интервале 40...70 % с дискретностью 1 %;

— режим использования системы отопления "Ручной" или "Автомат". В режиме "Автомат" система отопления работает согласно программе, в режиме "Ручной" управление не ведётся, термоэлектрический привод обесточен, а управляющий клапан открыт. Радиаторы отопления помещения оказываются постоянно подключёнными к общедомовой системе отопления. Этот режим целесообразно включать в летний период, когда отопление не требуется;

— режим использования системы вентиляции "Выключено" или "Автомат";

— период повторения цикла регулирования температуры в пределах 2...30 мин с дискретностью в 1 мин.

Кроме того, меню предоставляет возможность стереть из памяти информацию о суточном ходе наружной температуры и атмосферного давления. Эту операцию следует выполнять при первом включении устройства, а также после смены элемента резервного питания микросхемы часов реального времени. Иначе в ячейках ОЗУ этой микросхемы будут находиться случайные, не имеющие ничего общего с реальными значения, на основании которых программа построит суточный график. Что ещё хуже, эти непредсказуемые значения войдут в годовую статистику.

Входят в меню нажатием на левую экранную кнопку (см. рис. 13). Экран индикатора примет вид, показанный на **рис. 15**. В рамке будут выведены название параметра и его текущее значение. Имеются экранные кнопки выбора параметров "ПРЕД" и "СЛЕД", изменения текущего параметра "+" и "−", а также выхода из меню с сохранением параметров "ВЫХ". Выйти из меню можно в любой момент, перебирать все параметры не обязательно, достаточно откорректировать только нужные.

Особенности подготовки программ для микроконтроллеров

Вследствие нехватки программной памяти микроконтроллера DD2 реализовать через меню все сервисные функции устройства не удалось. Иначе говоря, некоторые параметры приходится задавать в тексте программы перед её компиляцией. Правда, таких параметров всего три, и их не требуется изменять в процессе использования устройства. Это географические координаты (широта и долгота) места использования устройства, а также число импульсов датчика полуоборотов вала шторы, необходимых для перемещения её полотна из крайнего верхнего в крайнее нижнее положение. Последнее число должно быть внесено и в программу микроконтроллера DD3.

По этой причине приложенные автором к статье загрузочные (.hex) файлы программ могут быть полноценно использованы только при условии, что устройство находится на расстоянии не более 70...100 км от г. Москвы (в программе указаны её координаты), а оконные шторы опускаются вниз за 25 полуоборотов вала. В остальных случаях тексты программ необходимо корректировать.

Чтобы сделать это, в начале исходного текста программы микроконтроллера DD2 (файл klimat_mega.bas) найдите после объявления переменных строки:

```
La = 55.5      'Широта (град.)
Lo = 37.5      'Долгота (град.)
Stepmax = 25   'Число шагов
```

Таблица 3

ATmega32			
Разряд	**Знач.**	**Разряд**	**Знач.**
OCDEN	1	BODLEVEL	1
JTAGEN	1	BODEN	1
SPIEN	0	SUT1	1
CKOPT	1	SUT0	0
EESAVE	1	CKSEL3	0
BOOTSZ1	0	CKSEL2	0
BOOTSZ0	0	CKSEL1	1
BOOTRST	1	CKSEL0	1

Таблица 4

ATtiny2313			
Разряд	**Знач.**	**Разряд**	**Знач.**
SELFPRGEN	1		
DWEN	1	CKDIV8	1
EESAVE	0	CKOUT	1
SPIEN	0	SUT1	1
WDTON	1	SUT0	0
BODLEVEL2	1	CKSEL3	0
BODLEVEL1	1	CKSEL2	0
BODLEVEL0	1	CKSEL1	0
RSTDISBL	1	CKSEL0	1

и замените в них значения переменных нужными. В начале исходного текста программы микроконтроллера DD3 (файл klimat_tiny.bas) найдите строку

```
Stepmax = 25  'Число шагов
```

и замените в ней число 25 числом шагов (полуоборотов) для своей шторы. После этого откомпилируйте обе программы и загрузите коды из полученных hex-файлов в микроконтроллеры.

Порядок программирования микроконтроллеров

Программирование микроконтроллера DD2 (ATmega32-16PU) следует выполнять в следующей последовательности:

1. Запрограммируйте конфигурацию микроконтроллера в соответствии с **табл. 3**.

2. Загрузите в микроконтроллер коды из файла Init_Mega.hex и запустите эту программу. Она подготовит к работе EEPROM микроконтроллера — загрузит в него информацию из табл. 1 и очистит область размещения метеоданных за год (если микроконтроллер уже использовался, там может находиться информация, записанная предыдущими программами).

3. Через пять—десять секунд загрузите в микроконтроллер откомпилированную рабочую программу.

Программирование микроконтроллера DD3 особенностей не имеет. Его конфигурация должна соответствовать **табл. 4**.

ЛИТЕРАТУРА

4. Sunrise/Sunset Algorithm Example. — URL: **http://williams.best.vwh.net/sunrise_sunset_example.htm** (07.04.16).

__От редакции.__ Файлы печатных плат и программы микроконтроллеров имеются по адресу __ftp://ftp.radio.ru/pub/2016/09/clim.zip__ на нашем FTP-сервере.

Индикаторы включения для электропаяльников

А. БУТОВ, с. Курба Ярославской обл.

Практически все электро- и электронные приборы, питающиеся от электросети напряжением 230 В, оснащают световыми индикаторами включённого состояния. Нередки случаи, когда оставленные без присмотра включённые электроприборы становились причиной пожара. Наличие световых индикаторов включения позволяет контролировать их состояние и в большинстве случаев предотвратить неприятные последствия забывчивости. Тем не менее есть целый класс электронагревательных приборов, которые такими индикаторами не оснащаются. Это — один из основных инструментов радиолюбителя — электропаяльники. В предлагаемой вниманию читателей статье автор рассказывает, как самому встроить световой индикатор включённого состояния в паяльники, рассчитанные на питание напряжением от нескольких единиц до 230 В.

При сборке электронных конструкций или демонтаже радиодеталей с печатных плат иногда приходится пользоваться несколькими электропаяльниками разной мощности, поддерживая одни из них включёнными постоянно, другие включать время от времени по необходимости. Чтобы в каждый момент знать, в каком состоянии находится тот или иной паяльник, их можно оснастить несложными световыми индикаторами.

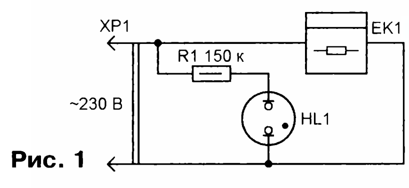


Рис. 1

Основная проблема при этом состоит в том, куда поместить индикатор. На **рис. 1** показана схема индикатора, в котором применена лампа тлеющего разряда. Это устройство предназначено для электропаяльников, работающих от сети переменного тока напряжением 230 В. Индикаторная лампа HL1 и токоограничивающий резистор R1 установ-

лены внутри корпуса разборной ручки "китайского" паяльника мощностью 40 Вт (реальная — 30 Вт), совмещённого с вакуумным отсосом припоя (**рис. 2**). Лампа HL1 — миниатюрная (диаметром 3 и длиной 8 мм) газоразрядная, применяемая в импортных рокерных (клавишных) выключателях (напряжение — около 60 В, цвет свечения — оранжевый). На её стеклянный баллон надет и

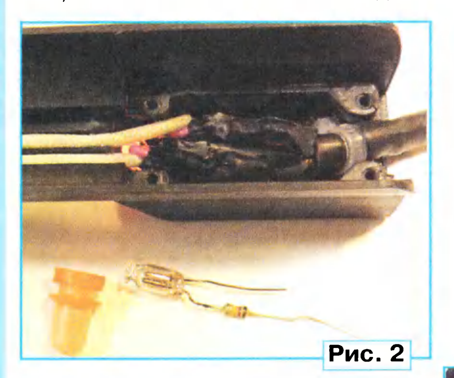


Рис. 2



Рис. 3

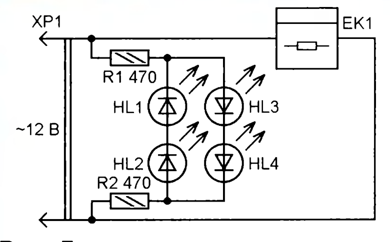


Рис. 4



Рис. 5

приклеен цианакрилатным клеем резиновый оранжевый светофильтр от ламп накаливания 12 В 40 мА, применявшихся в импортных автомагнитолах. Лампа со светофильтром частично выведена наружу, для чего в корпусе ручки просверлено отверстие диаметром 4,5 мм. Внутри ручки лампа и резистор приклеены сначала цианакрилатным клеем, затем, через несколько часов, синтетическим клеем "Квинтол-люкс". Свечение этой лампы хорошо заметно даже на фоне очень яркого освещения рабочего места.

На **рис. 3** показана схема индикатора для электропаяльников с рабочим напряжением 36, 40 или 42 В. Функцию собственно индикатора выполняет малогабаритная (длина без латунных контактов — 32 мм) сигнальная лампа накаливания на номинальное напряжение 60 В и ток 50 мА. Такую лампу затруднительно смонтировать в ручке электропаяльника, поэтому она помещена в отрезок полупрозрачного пластмассового корпуса от фломастера, надетый на шнур питания в нескольких сантиметрах от ручки паяльника (**рис. 4**). Вместо указанной лампы можно использовать любую другую с близкими значениями рабочих напряжения и тока (например, 48 В и 60 мА). Особенность такого индикатора в том, что его свечение хорошо видно с любого угла обзора.

На **рис. 5** показана схема светодиодного индикатора, рассчитанного на рабочее напряжение 12 В. Устройство может работать при питании паяльника напряжением как постоянного, так и переменного тока. Светодиоды HL1—HL4 — SMD-исполнения, зелёного цвета свечения, включены попарно встречно—параллельно. Вместе с токоограничивающими резисторами R1 и R2 они смонтированы на печатной плате размерами 22×3 мм (**рис. 6**) из двухсторонне фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 мм (светодиоды попарно установлены на её разных сторонах). Индикатор смонтирован в отрезке длиной 29 мм прозрачного пластмассового корпуса от "школьной" шариковой авторучки диаметром 9 мм (**рис. 7**).



Рис. 6

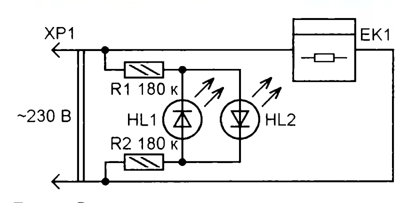


Рис. 7

Рис. 8

Установив токоограничивающие резисторы пропорционально меньшего или большего сопротивления, такой индикатор можно применить в электропаяльниках, рассчитанных на рабочее напряжение 6 или 24 В. Для более равномерного распределения выделяющегося тепла внутри корпуса индикатора установлены два одинаковых токоограничивающих резистора вместо одного большего сопротивления.

Схема светодиодного индикатора включения паяльника, рассчитанного на работу от сети переменного тока напряжением 230 В, показана на **рис. 8**. Светодиоды HL1, HL2 включены встречно—параллельно, ток через них ограничивают резисторы R1, R2. Устройство смонтировано в тонкой сетевой вилке (**рис. 9**). Чтобы не было её заметного нагрева, применены сверхъяркие SMD-светодиоды жёлтого цвета свечения (использовались в автомобильной магнитоле для подсветки кнопок). Средний ток через светодиоды — около 640 мкА при напряжении сети 230 В. Суммарное сопротивление резисторов R1, R2 выбрано с таким расчётом, чтобы избежать повреждения их и корпуса вилки при напряжении до 420 В.

Перед монтажом к светодиодам аккуратно припаяны отрезки тонкого многожильного монтажного провода в фторопластовой изоляции (без специального приспособления сделать это будет непросто). Резисторы припаяны к латунным контактам сетевой вилки, светодиоды установлены в просверленные с разных сторон вилки отверстия. Изнутри они приклеены клеем "Квинтол-люкс", снаружи — цианакрилатным или прозрачным эпоксидным клеем. Выводы резисторов с припаянными к ним проводами приклеены к корпусу вилки клеем БФ. Свечение кристаллов этих светодиодов также хорошо заметно даже при очень ярком освещении рабочего места.

На всех фотографиях индикаторы показаны в рабочем состоянии. Для фиксации положения индикаторов на шнурах питания паяльников использован белый или прозрачный этиленвинилацетатный клей. Для изоляции соединений и дополнительной фиксации индикаторных узлов использованы термоусаживаемые трубки соответствующего диамет-

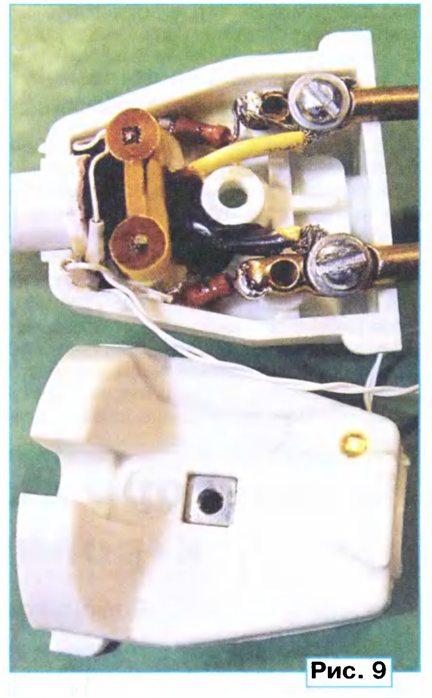


Рис. 9

ра. При оснащении паяльников описанными индикаторами также желательно надеть на шнур питания два-три отрезка термоусаживаемой трубки чуть большего диаметра, но не подвергать их термообработке. Это позволит при необходимости легко отремонтировать повреждённый шнур питания, что при эксплуатации электропаяльников случается нередко. В заключение следует отметить, что для сигнализации о включении паяльников вместо самодельных индикаторов можно использовать светящиеся провода с встроенной светодиодной подсветкой, если заменить ими провода питания.



Любительский частотомер

С. ГЛИБИН, г. Москва

Посвящается памяти Иванова Бориса Сергеевича, сотрудника журнала "Радио" с 1975 года, ответственного редактора раздела "Радио" — начинающим".

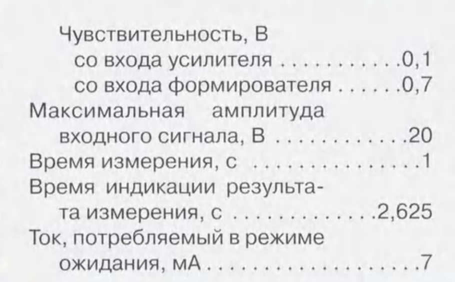
В адрес редакции поступают письма читателей, в которых высказываются сожаления о том, что на страницах журнала публикуется мало описаний устройств, собранных без применения микроконтроллеров, которые по ряду причин не всем доступны. Предлагаемый прибор собран на цифровых микросхемах стандартной логики и счётчиках структуры КМОП и в какой-то мере восполняет этот пробел. Его смогут повторить как начинающие, так и те, у которых сохранились в запасах такие микросхемы.

Необходимость создания частотомера (**рис. 1**) появилась у автора в связи с заменой в НЧ-ВЧ-генераторе механической шкалы на электронную. В процессе разработки оказалось целесообразным сделать частотомер универсальным, разместив его в корпусе генератора с переключением входа измерений (внешний/внутренний), одновременно расширить диапазон измеряемых частот. Были учтены вопросы оптимальности, простоты схемного решения и замены микросхем. Применение микроконтроллера, несмотря на малое число электронных компонентов, автор посчитал излишним по причине имеющихся у него в наличии необходимых для сборки частотомера цифровых КМОП-микросхем. Кроме того, стали ненужными процессы написания программы для микроконтроллера, её отладки и программирования.

Основные технические характеристики

Пределы измерения частоты, МГц 0,1; 1; 10; 100
Максимальная измеряемая частота, МГц
со входа усилителя 32
со входа формирователя ...99,999
Чувствительность, В
со входа усилителя 0,1
со входа формирователя 0,7
Максимальная амплитуда входного сигнала, В 20
Время измерения, с 1
Время индикации результата измерения, с 2,625
Ток, потребляемый в режиме ожидания, мА 7

Рис. 1



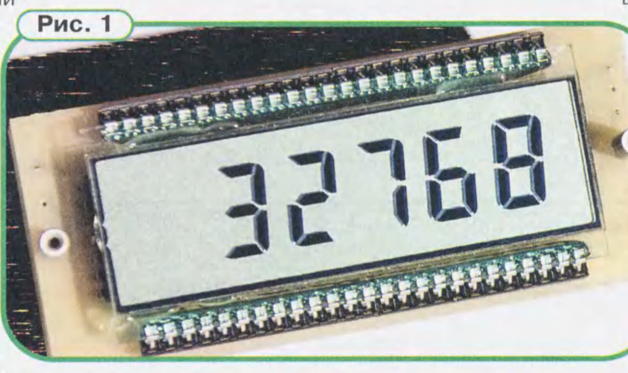


Схема частотомера приведена на **рис. 2**, он состоит из усилителя-формирователя входных сигналов с предварительным делителем частоты, блока управления (БУ) и блока индикации (БИ). Каждый из этих узлов собран на отдельной печатной плате. Измерение ведётся методом прямого счёта числа импульсов за определённый временной интервал (1 с). Входной сигнал через разделительный конденсатор C1 и корректирующую цепь R1C2 поступает на усилитель-ограничитель, собранный на транзисторах VT1—VT3. Использовано схемное решение [1] как достаточно простое. Конденсатор C2 обеспечивает частотную независимость делителя напряжения, образованного резисторами R1 и R2. Для питания усилителя использован отдельный источник питания +6 В. Не рекомендуется увеличивать напряжение питания усилителя более этого значения (в [1] указано 9 В) по следующей причине. Положительные полуволны входного сигнала напряжением уже в несколько десятых долей вольта приводят к насыщению транзисторов VT2 и VT3. В этот момент их коллекторный ток может принимать большие значения. При этом часть коллекторного тока транзистора VT3 протекает через встроенный защитный диод микросхемы DD1 на линию питания +5 В и может существенно превысить максимально допустимый для этого диода (20 мА). С напряжением питания 6 В это явление исключено.

К выходу усилителя подключён формирователь прямоугольных импульсов, собранный на триггере Шмитта (ТШ) — КМОП-микросхеме DD1 с максимальной частотой переключения более 100 МГц. Если надобности в усилителе-ограничителе нет, его можно не устанавливать (на схеме двумя крестами помечены точки разрыва сигнала) и подать сигнал непосредственно на формирователь так, как показано на рис. 1 штриховой линией. В этом случае для восстановления напряжения смещения на входе ТШ около +2,2 В необходимо ввести дополнительный резистор R2′. Такое напряжение смещения между нижним и верхним порогами срабатывания ТШ обеспечивает чувствительность 1...1,4 В (размах сигнала).

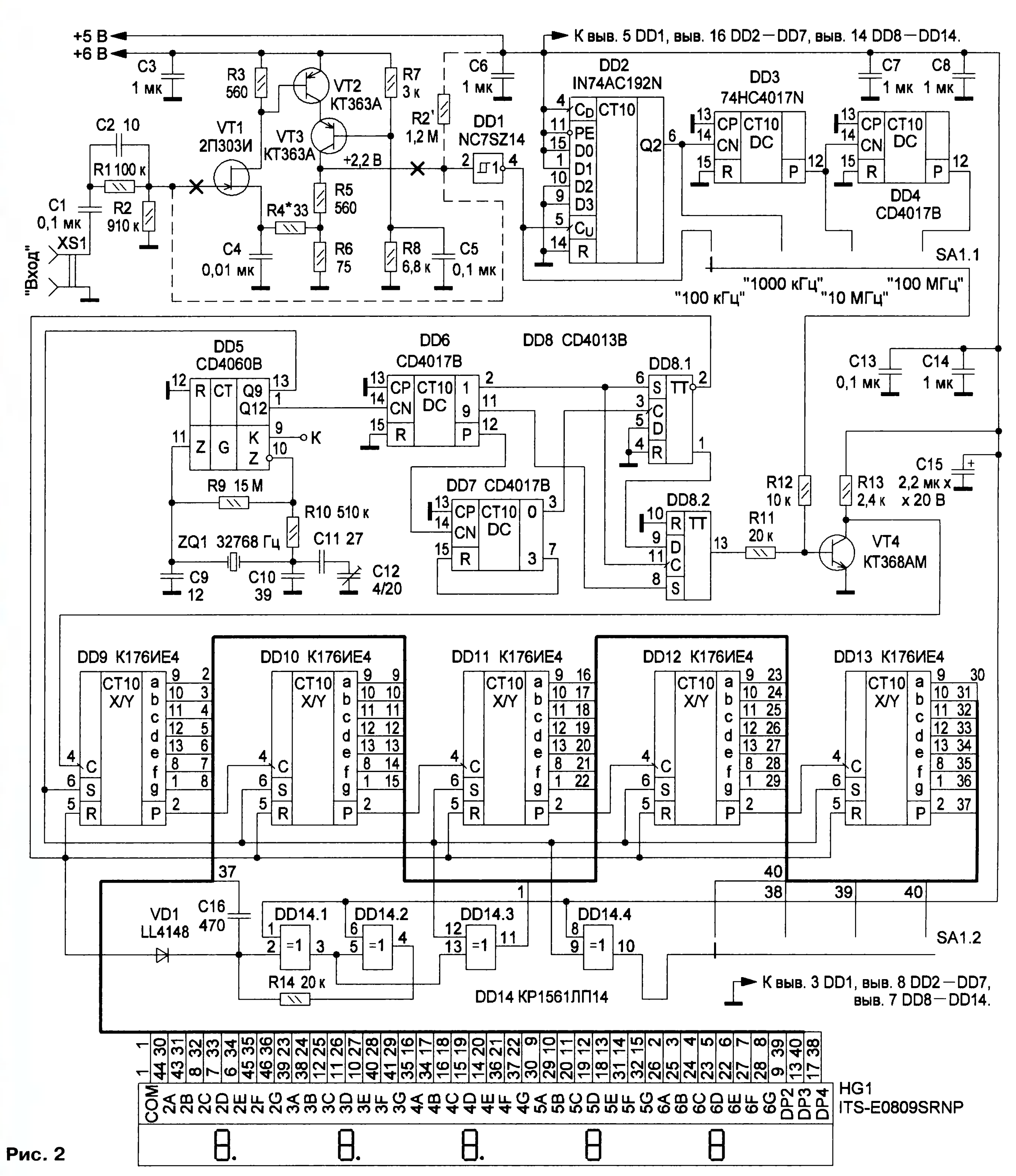
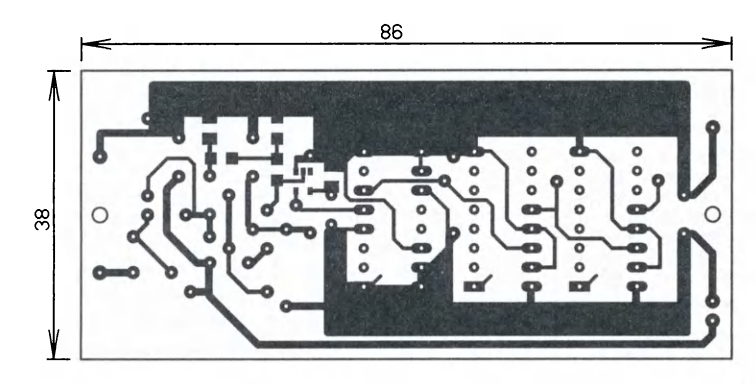


Рис. 2

С выхода ТШ прямоугольные импульсы с крутыми фронтами и спадами (единицы наносекунд) поступают на трёхдекадный делитель частоты, выполненный на микросхемах DD2—DD4. Первый и второй делители собраны на высокоскоростных счётчиках DD2 и DD3. Их максимальные рабочие частоты — 120 и 70 МГц соответственно. Импульсы на выходе переноса (на схеме не показан) счётчика IN74AC192N (DD2) имеют особенность. Длительность уровня лог. 0 равна длительности входного импульса с тем же уровнем [2], а значит, может быть 10 нс и менее. Такие короткие импульсы уже критичны для нормальной работы счётчика 74HC4017N (DD3), поэтому импульс взят с выхода Q2, где он имеет форму сигнала, близкую к меандру (скважность сигнала на этом выходе — 2,5).

Необходимый предел измеряемой частоты выбирают переключателем SA1, сигналы с которого поступают на БУ, собранный на микросхемах DD5—DD8 и транзисторе VT4. На этом транзисторе собран коммутатор, через который с переключателя SA1.1 импульсы поступают в блок индикации. Временной цикл управляющих сигналов БУ начинается с формирования импульса обнуления длительностью 0,125 с для счётчиков БИ, затем — секундного интервала, во время которого импульсы проходят на счётный вход БИ. По его завершении число прошедших за секунду импульсов,



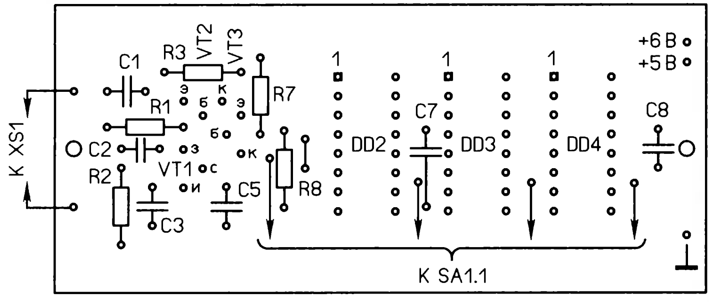


Рис. 3

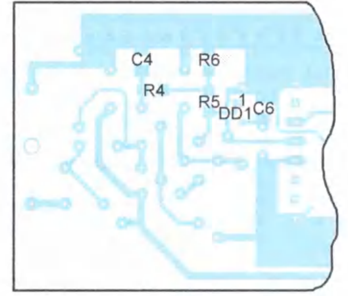
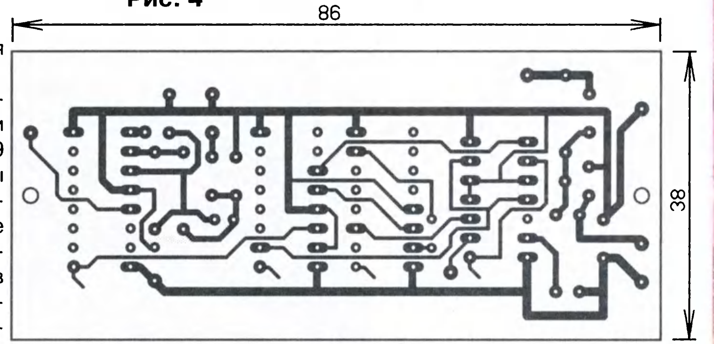


Рис. 4



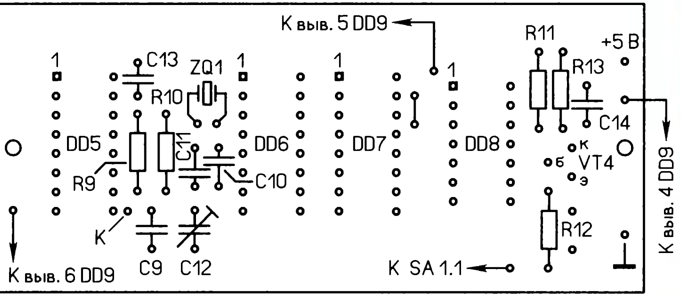


Рис. 5

т. е. измеренная частота входного сигнала, высвечивается на ЖКИ HG1 в течение 2,625 с и цикл повторяется.

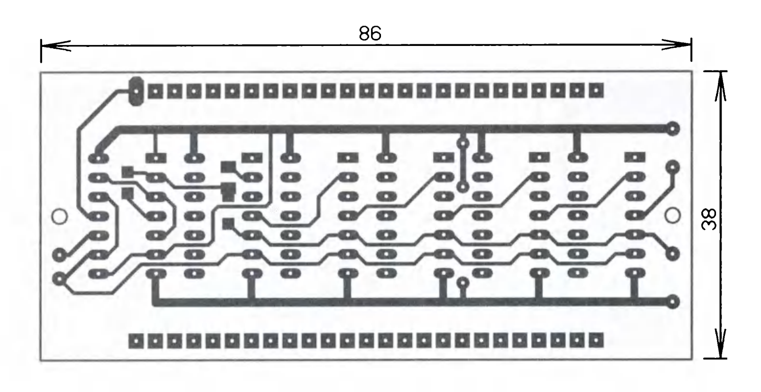
Применён счётчик DD5 со встроенным задающим генератором (ЗГ), частота которого стабилизирована внешним часовым кварцевым резонатором (КР) ZQ1. На выходе Q9 этой микросхемы формируются прямоугольные импульсы частотой 64 Гц для питания ЖКИ, а на выходе Q12 — тактовые импульсы частотой 8 Гц. ЗГ собран по известной схеме Пирса. Ёмкость конденсатора C9 выбрана равной нагрузочной ёмкости КР, а суммарная ёмкость конденсаторов C10—C12 — в несколько раз больше. Это уменьшает влияние выхода инвертора ЗГ на резонансный контур, образованный индуктивностью КР и ёмкостями C9—C12, что приводит к увеличению напряжения на входе инвертора. Прямоугольность выходных импульсов ЗГ при этом возрастает, а потребляемый им ток уменьшается (последнее важно при автономном питании, например электронных часов).

Стабильность частоты применённого КР оказалась достаточно высокой. Так, у автора в жилом помещении собранные электронные часы (три экземпляра) с подобными ЗГ без отбора КР и при высокой стабильности питающего напряжения имеют уход времени примерно 1 с в месяц.

Рассмотрим формирование сигналов с начала цикла, когда счётчики DD6, DD7 устанавливаются в нулевое состояние с приходом очередного тактового импульса. Положительный перепад сигнала с выхода 0 счётчика DD7 устанавливает на инверсном выходе триггера DD8.1 лог. 1 — импульс обнуления. Он поступает на входы R счётчиков БИ и обнуляет их. Через 0,125 с следующий тактовый импульс вызовет установку лог. 1 на выходе 1 счётчика DD6. Этот сигнал по счётному входу C устанавливает на прямом выходе триггера DD8.2 лог. 0 (поскольку в этот момент на его входе D был лог. 0), а триггер DD8.1 возвращается в прежнее состояние — импульс обнуления заканчивается. Выходной сигнал триггера DD8.2 через резистор R11 управляет коммутатором. Если ранее лог. 1 на выходе триггера DD8.2 удерживала транзистор VT4 в открытом состоянии, то появление лог. 0 вызовет открывание и закрывание транзистора от импульсов, поступающих на его базу через резистор R12 с переключателя SA1.1. С коллектора транзистора импульсы поступают на вход C счётчика DD9 БИ.

Через 1 с на выходе 9 счётчика DD6 от очередного тактового импульса появляется лог. 1, которая переводит триггер DD8.2 в прежнее состояние. Транзистор VT4 открывается, и поступление импульсов на вход C счётчика DD9 прекращается. В течение 2,625 с на ЖКИ выводится значение измеренной частоты. В этом временном интервале состояния триггеров DD8.1 и DD8.2 не меняются, но по сигналам переноса с выхода P счётчика DD6 сначала через 0,125 с, а затем дважды через 1,25 с следует перемещение сигнала лог. 1 от выхода 0 к выходу 3 счётчика DD7. Его появление на выходе 3 вызывает обнуление счётчика и начало следующего цикла измерения.

БИ собран на пяти счётчиках-дешифраторах DD9—DD13 с последовательным переносом. Их выходы a—g подключены к соответствующим выводам пятиразрядного ЖКИ HG1. Напряжение возбуждения для ЖКИ, как уже сказано выше, подано с выхода Q9 счётчика CD4060B (DD5). На элементе DD14.4 микросхемы КР1561ЛП14 "исключающее ИЛИ" собран инвертор напряжения возбуждения для "высвечивания" запятых на индикаторе в зависимости от установленного переключателем SA1 предела измерения, а на элементах DD14.1—DD14.3 — узел формирования сигнала переполнения. На элементах DD14.1, DD14.2, включённых инверторами, и элементах R14, VD1, C16 собран триггер-защёлка. От первого же импульса обнуления, поступающего через диод VD1 на вход (вывод 2) элемента DD14.1, на выходе триггера устанавливается и далее удерживается через резистор обратной связи R14 лог. 0. Он поступает на вход (вывод 13) элемента DD14.3. Напряжение возбуждения, поступающее



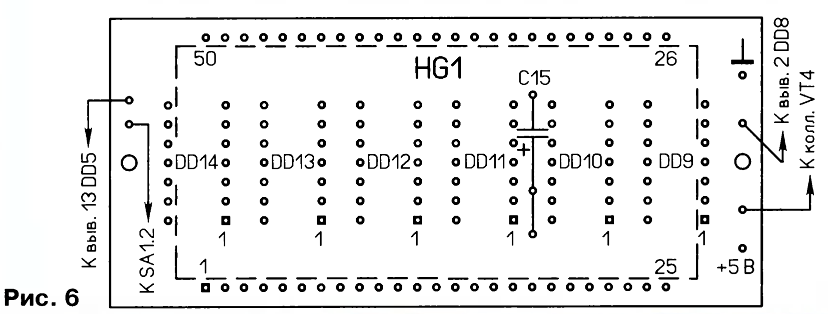


Рис. 6

Рис. 7

Рис. 8

на его другой вход (вывод 12), проходит на выход элемента без инверсии и поступает на общий вывод 1 (COM) ЖКИ для засветки соответствующих сегментов. При переполнении счётчиков БИ, когда число поступивших за секунду импульсов превысит 99999, начнётся их отсчёт с нуля, на выходе переноса P счётчика DD13 высокий уровень сменится низким. Этот спад, продифференцированный цепью C16R14, переводит защёлку в противоположное устойчивое состояние — на выходе элемента DD14.1 появляется лог. 1. Элемент DD14.3 начинает инвертировать импульсы напряжения возбуждения на выводе COM ЖКИ. Индикация всех сегментов меняется на противоположную (инвертируется) и наблюдается некая "абракадабра", например, вместо сегментов нуля будет виден сегмент g (дефис). Это служит признаком того, что произошло переполнение счётчика и необходимо перейти на более высокочастотный предел измерения. Следующий импульс обнуления вернёт триггер-защёлку в исходное состояние, а значит, и режим индикации — в прежнее состояние до появления следующего переполнения счётчиков. Индикацию переполнения можно дополнить светодиодом, например, подключив сверхъяркий маломощный светодиод катодом к выходу DD14.2, а анод — через резистор 3 кОм к линии питания +5 В.

Некоторые элементы установлены на плате со стороны печатных проводников. Каждый из узлов собран на отдельной плате, чертежи которых и расположение элементов на них показаны на **рис. 3**—**рис. 7**. Платы собраны "этажеркой" (**рис. 8** и **рис. 9**) с помощью винтов М2, шпилек и металлических втулок. Большинство межплатных соединений выполнены короткими отрезками лужёного провода.

Диод VD1, конденсаторы C4, C6, C16, резисторы R4—R6, R14 — для поверхностного монтажа, контактные площадки рассчитаны для типоразмера 1206, остальные элементы — выводные. Подстроечный конденсатор — серии TZ03 фирмы Murata. Конденсатор C15 — К53-1А, остальные — керамические К10-17 или КМ. Кварцевый резонатор ZQ1 — DT-26 фирмы KDS, ёмкость нагрузки — 12,5 пФ. Для контроля частоты ЗГ на выводе 9 микросхемы DD5 на печатной плате установлен контакт К (см. рис. 2). ЖКИ установлен в однорядные гнёзда-панели, изготовленные из панелек для микросхем DIP. Для подключения питающих напряжений и входных сигналов на платах установлены металлические штырьки диаметром 0,7 мм.

Одиночный триггер Шмитта NC7SZ14 заменим аналогичным — SN74LVC1G14 или SN74AHC1G14. При изменении топологии печатной платы подойдут микросхемы 74AC14 и 74AC132 (с дополнительными индексами обозначений в зависимости от производителя и типа корпуса), содержащие шесть и четыре триггера. Отечественные аналоги — КР1554ТЛ2 и КР1554ТЛ3. Свободные входы неиспользуемых элементов следует обязательно соединить с общим проводом. Если не предполагается измерение частоты более 40...50 МГц, то подойдёт серия 74НС (отечественный аналог — серия 1564). Замена микросхемы IN74AC192N — КР1554ИЕ6. Микросхема CD4060B отечественных аналогов не имеет. Возможный вариант замены — счётчик К561ИЕ16 (CD4020B) и генератор на отдельном инверторе. Счётчик CD4017B можно



Рис. 9

заменить отечественным К561ИЕ8, а CD4013B — КР1561ТМ2, К561ТМ2. Замена микросхемы КР1561ЛП14 — К561ЛП2 или импортный аналог.

Вместо транзистора КТ368АМ можно применить менее высокочастотный, например, КТ358В. При этом для уменьшения длительности фронта и спада параллельно резистору R12 надо подключить конденсатор ёмкостью 30...100 пФ. На плате для него предусмотрены контактные площадки.

В ЖКИ ITS-E0809SRNP шестой разряд использован для индикации подключённого входа. При измерении частоты генератора высвечивается символ "G", а при измерении частоты внешнего сигнала — "F". Возможна замена ЖКИ на светодиодные индикаторы. Схемы подключения таких индикаторов к счётчикам К176ИЕ4 неоднократно приводились в радиотехнической литературе. При этом вместо микросхемы К176ИЕ4 можно применить импортную CD4026BE, а для повышения яркости свечения светодиодных индикаторов следует увеличить напряжение питания БИ и БУ до 9...10 В.

Калибруют частотомер с помощью подстроечного конденсатора С12. Для этого можно подать на вход сигнал с образцового генератора (с цифровой индикацией частоты) и установить на шкале частотомера показания, соответствующие частоте генератора. Можно также измерить частоту ЗГ (32768 Гц) с помощью точного частотомера, для этого используют сигнал на выводе 9 микросхемы DD5.

Возможно, придётся подобрать конденсатор С10. Транзистор VT1 необходимо отобрать по начальному току стока — 3...3,5 мА. Вместо указанного на схеме подойдут КП303И, КП303В, 2П303В. При этом налаживание усилителя сводится к подборке резистора R4 для установки на коллекторе транзистора VT3 постоянного напряжения около 2,2 В (при отсутствии входного сигнала).

Блок питания должен быть стабилизированным с выходным током до 200 мА (по каналу +5 В) и 10 мА (по каналу +6 В).

Следует учесть, что микросхемы скоростной логики очень капризны к разводке проводников питания, особенно это касается односторонних печатных плат, не имеющих общего провода в виде отдельного слоя. Поэтому в случае изменения размещения этих микросхем на плате блока усилителя-формирователя входных сигналов и делителя частоты не следует экономить на керамических блокировочных конденсаторах и размещать их как можно ближе к выводам питания микросхем. Для некоторых измерений целесообразно использовать активный выносной щуп. Один из вариантов такого щупа приведён в [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. **Задорожный С.** Входной усилитель-формирователь для цифровой шкалы-частотомера. — Радіоаматор, 2008, № 3, с. 36, 37.

2. Presettable BCD/Decade UP/DOWN Counter High-Speed Silicon-Gate CMOS. — URL: **http://datasheet.elcodis.com/pdf2/103/21/1032135/74ac192.pdf** (01.08.16).

3. **Нечаев И.** Щуп-компаратор для частотомера. — Радио, 2014, № 7, с. 20.

***От редакции.** Дополнительная информация имеется по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2016/09/F-metr.zip** на нашем FTP-сервере.*

Arduino. Операции аналогового ввода—вывода, работа со звуком

Д. ЛЕКОМЦЕВ, г. Орёл

Хотя цифровые операции ввода—вывода позволяют решать широкий круг задач, однако наличие в микроконтроллере платы Arduino встроенного аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и возможность вывода аналоговых сигналов с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ) обеспечивают работу с аналоговыми датчиками и всевозможными исполнительными устройствами, воздействующими на объект пропорционально управляющему сигналу.

Строго говоря, в режиме вывода все линии портов Arduino могут передавать только дискретные сигналы, имеющие лишь два состояния. Но микроконтроллер способен изменять эти состояния очень быстро, генерируя прямоугольные импульсы. Если подать эти импульсы на какое-либо устройство, обладающее инерционными свойствами, то оно станет вести себя так, будто подаваемое на него напряжение постоянное, равное среднему значению импульсного, и меняется плавно, а не скачками между высоким и низким логическими уровнями.

В режиме ШИМ порт формирует импульсный сигнал постоянной частоты и переменной скважности (это отношение периода следования импульсов к их длительности). Часто вместо скважности оперируют обратной ей величиной — коэффициентом заполнения, который можно изменять от 0 (нет импульсов) до 100 % (импульсы следуют, слившись, без пауз). Следовательно, хотя в каждый отдельный момент выходное напряжение соответствует высокому или низкому логическому уровню, его среднее значение пропорционально коэффициенту заполнения. Если к этому выходу подключить обычный мультиметр, он покажет это значение (конечно, если частота импульсов достаточно высока).

Продолжение. Начало см. в "Радио", 2016, № 7, 8

В Arduino UNO в режиме ШИМ могут работать выходы D3, D5, D6, D9, D10 и D11. Обычно на плате они помечены знаками "~" или аббревиатурами "PWM". Следует заметить, что у плат Arduino других модификаций число таких выходов может быть больше или меньше.

В простейшем случае ШИМ можно применить для управления яркостью свечения светодиода. Этот прибор практически безынерционен, но человеческое зрение обладает достаточной инерционностью, чтобы последовательность быстрых вспышек светодиода воспринималась как непрерывное свечение с зависящей от коэффициента заполнения яркостью.

Дискретные выходы, способные формировать ШИМ, настроены на использование этого режима по умолчанию, поэтому вызывать функцию pinMode() для их работы в таком режиме не нужно. Для установки коэффициента заполнения ШИМ-сигнала имеется стандартная функция analogWrite(N, M), где N — номер вывода, M — число, пропорциональное требуемому коэффициенту заполнения. Оно должно лежать в интервале от 0 до 255, причём 0 соответствует нулевому коэффициенту заполнения (на выходе постоянный низкий уровень), 255 — коэффициенту заполнения 100 % (на выходе постоянный высокий уровень). Временные диаграммы выходного напряжения при некоторых значениях M и соответственно коэффициента заполнения $K_з$ показаны на **рис. 1**.

Для примера рассмотрим приведённую в **табл. 1** программу, которая постепенно увеличивает яркость свечения светодиода, подключённого к цифровому выходу D9, а затем постепенно уменьшает её. Она основана на стандартном примере \examples\03.Analog\Fading из комплекта поставки Arduino IDE. Перебор значений коэффициента заполнения импульсов реализован здесь с помощью уже рассмотренных в [1] операторов цикла for.

Для приёма аналоговых сигналов от внешних устройств в Arduino предназначены входы A0—A5, по умолчанию установленные в нужное для этого состояние, так что дополнительной инициализации не требуется. АЦП, встроенный в Arduino UNO, формирует 10-разрядные двоичные коды и входное напряжение, лежащее в интервале от 0 до +5 В, преобразует в целое число от 0 до 1023 ($2^{10}-1$).

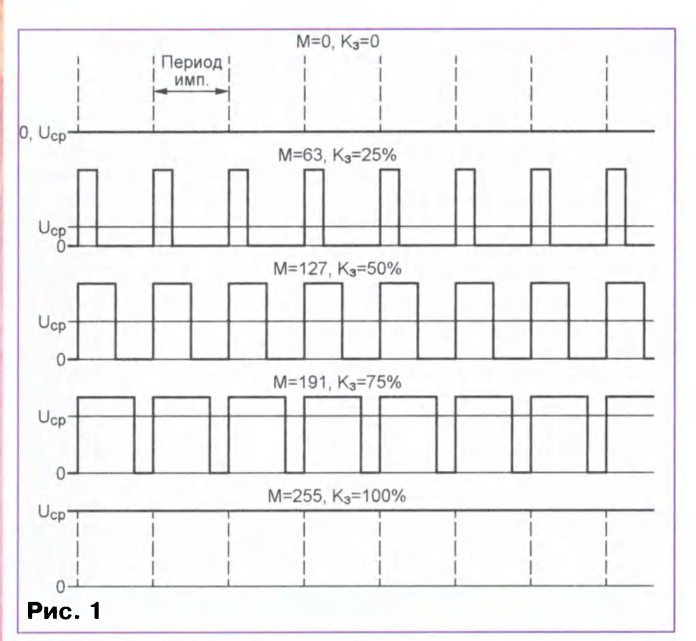


Рис. 1

```
COM3 (Arduino Uno)
                                   Отправить
U=4848 mV
U=4843 mV
U=4848 mV
U=4843 mV
U=4839 mV
U=4839 mV
U=4843 mV
U=4839 mV
U=4839 mV
U=4839 mV
U=4839 mV
U=4829 mV
U=4839 mV
U=4839 mV
U=4829 mV
U=4834 mV
U=4834 mV
U=4824 mV
U=4829 mV
Автопрокрутка   Не найден конец строки   9600 бод
```

Рис. 2

Для считывания результата преобразования служит функция analogRead(N), где N — номер аналогового входа.

К аналоговым входам Arduino можно подключать разнообразные датчики, выходное напряжение которых пропорционально измеряемой величине (переменные резисторы, терморезисторы, фоторезисторы и др.). Однако нужно помнить, что на аналоговый вход можно подавать напряжение лишь от 0 до +5 В. Если выходное напряжение датчика лежит в другом интервале или оно отрицательной полярности, сигнал необходимо предварительно уложить в указанный интервал. Опрос аналогового входа выполняется с частотой менее 10 кГц [2], что может оказаться недостаточным для анализа некоторых быстроизменяющихся сигналов.

Наличие аналоговых входов позволяет превратить Arduino в простейший цифровой вольтметр, измеряющий постоянное напряжение от 0 до +5 В и передающий результат измерения в компьютер. Для этого достаточно загрузить в Arduino программу, приведённую в **табл. 2**.

Обратите внимание, что в программе константами заданы образцовое напряжение АЦП Uref (в милливольтах) и коэффициент пересчёта выходного кода АЦП в напряжение Ku. Значение коэффициента вычисляется делением заданного образцового напряжения на 1023. Коэффициент обычно дробный, поэтому константа Ku имеет тип float (число с плавающей запятой). Константа Uref имеет такой же тип для правильного вычисления коэффициента. Поскольку в правой части формулы находятся только константы, вычисляет коэффициент не микроконтроллер, выполняя программу, а сам компилятор на этапе её трансляции.

Всё это позволяет повысить точность вольтметра, измерив мультиметром точное значение образцового напряжения на выводе U_{ref} платы Arduino и записав его в программу, присвоив константе Uref. О других способах повысить точность аналого-цифрового преобразования можно прочитать в [3, 4].

При работе рассматриваемой программы на плате мигает светодиод TX, сигнализирующий о передаче информации через последовательный порт. Светодиод RX не светится, так как компьютер ничего не передаёт в ответ. Встроенный терминал Arduino IDE отображает принятую информацию (**рис. 2**) — результаты измерения напряжения гальванической батареи 3332.

Таблица 1

```
// Плавное включение и выключение светодиода
int ledPin = 9; // Выход для светодиода
int LPWM;       // Текущая яркость

void setup()
{ // Функция оставлена пустой
}
void loop() {
  // Яркость постепенно нарастает
  for (LPWM = 0 ; LPWM <= 255; LPWM += 5) {
    analogWrite(ledPin, LPWM);
    delay(30);// Длительность ступени
  }
  // Яркость постепенно снижается
  for (LPWM = 255 ; LPWM >= 0; LPWM -= 5) {
    analogWrite(ledPin, LPWM);
    delay(30);// Длительность ступени
  }
}
```

Таблица 2

```
// Цифровой вольтметр
int portA = 0;       // Используем вход A0
int N;               // Результат работы АЦП
float Uref = 5000; // образцовое напр. АЦП, мВ
// Коэфф. пересчёта N в милливольты
float Ku = Uref / 1023.0;
int mvolt;           // Результат измерения, мВ

void setup()
{
  Serial.begin(9600); //Будем использовать
  //последовательный порт
}
void loop()
{
  N = analogRead(portA); // Опрос АЦП
  mvolt = N * Ku; // Результат - в милливольты
  // Выводим результат в посл. порт
  Serial.print("U=");
  Serial.print(mvolt);
  Serial.println(" mV");
  delay(1000); // Период повторения измерений
}
```

Arduino может подавать не только световые, но и звуковые сигналы. Для этого к одному из его выходов необходимо подключить пьезоизлучатель звука, например ЗП-1 (**рис. 3**).

Для работы со звуком предусмотрена специальная функция tone(N, F, T), где N — номер вывода, на котором будут сформированы прямоугольные импульсы; F — частота звука, Гц; T — длительность звука, мс. Последний параметр не обязателен. В его отсутствие звук будет непрерывным. Чтобы выключить его, предусмотрена функция noTone(N).

Конечно, пьезокерамический излучатель звука сложно назвать устройством высококачественного воспроизведения, а формируемый микроконтроллером сигнал имеет прямоугольную форму, тем не менее использование этих функций позволяет исполнять несложные мелодии. Пример приведён в **табл. 3**. Это немного изменённая программа examples\02.Digital\toneMelody, входящая в комплект среды разработки Arduino IDE. Поскольку задавать вручную частоту каждой ноты мелодии неудобно, к программе в её заголовке директивой #include подключён файл pitches.h. Эта операция

Таблица 3

```
// Исполнение мелодии
// Включаем в программу файл с частотами нот
#include "pitches.h"

int tonePin = 8; // Выводим звук на D8
// Массив нот исполняемой мелодии
int melody[] = { NOTE_C4, NOTE_G3, NOTE_G3, NOTE_A3,
                 NOTE_G3, 0,       NOTE_B3, NOTE_C4
               };
// Число нот в мелодии
int Notes = sizeof(melody) / sizeof(int);
// Длительность каждой ноты мелодии, мс
int noteDurations[] = { 250, 125, 125, 250,
                        250, 250, 250, 250
                      };
void setup() {
  // Перебор нот мелодии
  for (int i = 0; i < Notes; i++) {
    tone(tonePin, melody[i], noteDurations[i]);
    // Паузы между нотами на 30% длиннее нот
    int pauseBetweenNotes = noteDurations[i] * 1.3;
    delay(pauseBetweenNotes);
    noTone(tonePin);
  }
}
void loop() {
  // Мелодию исполняем однократно
}
```

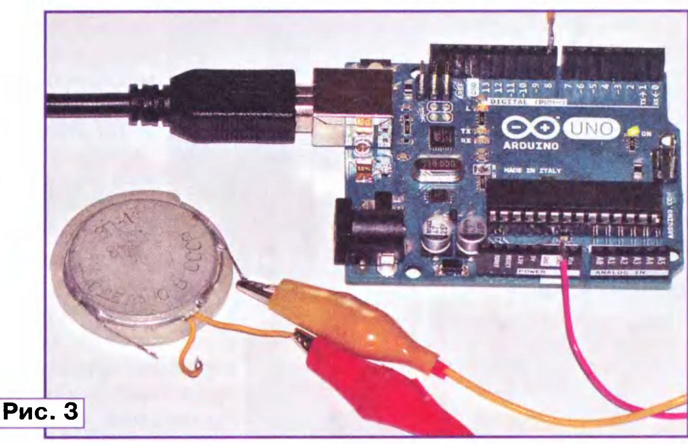


Рис. 3

равносильна включению в программу полного текста этого файла. В рассматриваемом случае он содержит список названий нот, которые можно воспроизвести, и их частот.

Излучатель звука должен быть подключён к выходу D8.

Для программы мелодия — это последовательность однотипных констант (значений частоты), которые удобно объединить в массив — пронумерованный список однотипных элементов. При объявлении массива нужно либо перечислить все его элементы, либо указать их общее число. Учтите, что нумерация элементов массива всегда начинается с нуля.

В рассматриваемом примере использованы два массива: int melody[] содержит названия нот мелодии, int note Durations[] — их длительность в миллисекундах. Для обращения к элементу массива указывают его имя с заключённым в квадратные скобки порядковым номером. Чтобы иметь возможность легко менять число нот в мелодии, оно вычисляется с использованием функций sizeof(V), возвращающих число байтов, занимаемых её аргументом (переменной или их массивом) в памяти микроконтроллера. В рассматриваемом случае массив melody занимает 16 байт, а длина его элементов типа int — два байта. Поэтому переменная Note получает значение 8 и именно столько раз будет повторено тело цикла for, поочерёдно воспроизводящее ноты.

Если к массиву melody[] добавить несколько нот, соответственно изменится и значение Note. Нужно только не забыть дополнить массив noteDurations[] длительностями звучания этих нот.

Поскольку мелодия исполняется один раз, все необходимые для этого операции помещены внутрь функции setup(). Для повторного исполнения нужно привести микроконтроллер в исходное состояние, нажав на находящуюся на плате Arduino кнопку RESET.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лекомцев Д.** Arduino. Операции цифрового ввода—вывода. — Радио, 2016, № 8, с. 51—54.

2. Аналоговые измерения с Arduino. — URL: **http://robotosha.ru/arduino/analog-measurements-arduino.html** (02.06.16).

3. Arduino Language Reference. Analog I/O — analogReference(). — URL: **https://www.arduino.cc/en/Reference/AnalogReference** (02.06.16).

4. Функция analogReference(). — URL: **http://arduino.ru/Reference/AnalogReference** (02.06.16).

От редакции. Рассмотренные в статье программы для Arduino имеются по адресу ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2016/09/aninout.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

(Продолжение следует)

Светильник для релаксации

М. КОЛОДОЧКИН, г. Москва

Появление в семидесятых годах прошлого столетия многочисленных публикаций на светомузыкальные темы — от простеньких устройств на трёх транзисторах до философских трактатов и докторских диссертаций — так и не привело к созданию какого-либо нового направления ни в технике, ни в культуре.

Основная причина этого, на мой взгляд, — крайне неудовлетворительный визуальный эффект, вызываемый как простейшими светомузыкальными устройствами, так и "навороченными" конструкциями. На практике это зачастую выглядит как беспорядочное мигание источников света, слабо дополняющее собой музыкальное произведение. Для шумной дискотеки это, может быть, и подходит, а вот для спокойной домашней атмосферы — вряд ли. Именно желание создать для кабинета что-то не раздражающее, а умиротворяющее, и привело к созданию устройства, описанного ниже.

Приобретя случайно некондиционный светильник (**рис. 1**) с шестью малогабаритными сетевыми лампами, я их удалил и взамен установил шесть светодиодов повышенной яркости свечения, а также дополнил его электронным устройством управления со встроенным микрофоном. В результате после включения светильника светодиоды медленно переключаются, причём число одновременно светящихся меняется от двух до четырёх. При появлении какого-либо акустического сигнала — шума, телефонного звонка, громкого разговора или просто хлопка в ладоши — все светодиоды вспыхивают одновременно. После наступления тишины светильник вновь переходит в режим поочерёдного переключения светодиодов.

Схема светильника показана на **рис. 2**. На элементе DD1.1 собран генератор импульсов с частотой следования около 1 Гц. Элемент DD1.2 — буферный, импульсы с его выхода поступают на вход первого делителя частоты на два, собранного на D-триггере DD2.1. Всего таких делителей частоты, включённых последовательно, четыре (DD2.1, DD2.2, DD3.1, DD3.2). С выходов делителей частоты импульсы через резисторы 1R1—6R1 поступают на эмиттерные повторители, собранные на транзисторах 1VT1—6VT2, которые подают питание на светодиоды 1EL1—6EL1. Чтобы светильник никогда не гас, задействованы как прямые, так и инверсные выходы триггеров, которые работают в противофазе.

На транзисторе VT1 собран микрофонный усилитель, сигнал с которого поступает на ключевой каскад, собранный на транзисторе VT2. Логический эле-

Рис. 1

мент DD1.3 через диоды 1VD1—6VD1 управляет эмиттерными повторителями независимо от делителя частоты. В исходном состоянии транзистор VT2 закрыт, конденсатор C6 заряжен и на выходе элемента DD1.3 низкий логический уровень. В таком режиме эмиттерные повторители управляются делителем частоты, а светодиоды поочерёдно переключаются. При поступлении акустического сигнала он усиливается микрофонным усилителем и через подстроечный резистор R6 поступает на базу транзистора VT2. Если напряжения сигнала окажется достаточно для открывания этого транзистора, конденсатор C6 быстро разрядится и напряжение высокого уровня появится на выходе элемента DD1.3. Через диоды 1VD1—6VD1 это напряжение поступит на эмиттерные повторители, и все светодиоды станут светить, пока транзистор VT2 открыт. При этом делитель частоты продолжит свою работу. С наступлением тишины транзистор VT2 закроется и светильник вернётся в режим переключения светодиодов.

Число микрофонов, в принципе, может быть любым, да и расположены они могут быть где угодно, реагируя то на скрипучий пол, то на хлопанье дверцей холодильника. Первый подобный вариант светильника, однако же, показал, что это вновь влечёт за собой беспорядочное мигание светодиодов, от которого изначально как раз и хотелось избавиться. Поэтому в результате микрофон остался в единственном числе, причём расположен он в непосредственной близости от светильника — в корпусе электронного устройства управления. Цепь R2C3 обнуляет все D-триггеры при включении светильника. Эту цепь можно исключить, соединив все входы R с общим проводом.

Питать устройство можно от нестабилизированного сетевого блока питания с выходным напряжением 12 В. Потребляемый ток в основном определяется типом и числом светодиодов, в авторском варианте он не превышает 140 мА.

Собранная плата установлена в пластмассовом корпусе подходящего размера и соединена со светильником многожильным кабелем из изолированных проводов. В зависимости от конструкции светильника все элементы можно разместить и внутри его корпуса, но автору хотелось поэкспериментировать, не загоняя себя в определённые габаритные размеры. Налаживание устройства сводится к установке чувствительности подстроечным резистором R6.

Рис. 2

Применены постоянные резисторы МЛТ, С2-23, подстроечный — СП3-3 или любой импортный малогабаритный, оксидные конденсаторы — импортные, остальные — К10-17, К73. Маломощные транзисторы — любые из серии КТ3102. Светодиоды можно применить любого цвета свечения. Ток через них задают подборкой резисторов 1R2—6R2. Для указанных на схеме номиналов можно применить светодиоды с максимальным током до 20...30 мА. Для таких светодиодов транзисторы 1VT2—6VT2 можно не устанавливать, соединив эмиттеры транзисторов 1VT1—6VT1 с соответствующими резисторами.

Все элементы размещены на макетной монтажной плате с применением проводного монтажа. Сама плата установлена в пластмассовом корпусе подходящего размера и соединена со светильником многожильным кабелем из изолированных проводов.

Светильник нетрудно доработать. Чтобы превратить его в "стерео", достаточно добавить второй микрофон и каскады, аналогичные собранным на транзисторах VT1 и VT2, подключив их к неиспользованному входу элемента DD1.3. Чтобы заставить светодиоды включаться и гаснуть плавно, можно установить RC-цепи на входе эмиттерных повторителей. Автор проверил все эти решения, после чего всё-таки остановился на простейшем варианте.

В заключение хотелось бы сказать, что для релаксации светильник оказался очень подходящим. В наше нервное время он действует на психику (в частности, мою) успокаивающе. Фактически он живёт самостоятельной жизнью, подобно огню в камине.

Главный старт сезона по СРТ



Игорь ГРИГОРЬЕВ (RV3DA), г. Коломна Московской обл.

С 24-го по 27 июня в Пензе состоялись чемпионат и первенство России по скоростной радиотелеграфии (СРТ), участниками которых стали более 60 спортсменов из восьми субъектов Российской Федерации. На торжественной церемонии открытия этих соревнований организаторы встретили их участников по старинной русской традиции — хлебом и солью. Соревнования проводили региональное отделение СРР по Пензенской области и Центр развития творчества детей и юношества г. Пензы, а проходили они непосредственно в подростковом клубе "Импульс", расположенном в центральной части города. В этом клубе подготовлено немало спортсменов мирового уровня, о чём свидетельствует стенд с множеством кубков, завоёванных его воспитанниками на чемпионатах и первенствах мира и Европы.



Открытие соревнований — флаг страны поднимает Юлия Вязовская.

По традиции на соревнования в Пензе собираются не только сильнейшие молодые и взрослые спортсмены, но и ведущие тренеры, работающие с молодёжью. Пока спортсмены выполняли упражнение по передаче буквенных, цифровых и смешанных радиограмм, на крыльце "Импульса" удалось провести импровизированный "круглый стол", в работе которого приняли участие руководитель РО СРР по Пензенской области Валерий Кирильчик (RK4FW), автор этой заметки (как руководитель молодёжного комитета СРР), а также тренеры, представлявшие свои команды на соревнованиях. Состоялся обмен мнениями по перспективам развития детского радиоспорта, развитию взаимоотношений с региональными отделениями ДОСААФ России, органами в сфере физической культуры и спорта субъектов Российской Федерации, особенностях аккредитации региональных отделений СРР в качестве региональных спортивных федераций по виду спорта "радиоспорт".

Для участников первенства организаторы подготовили отличную культурную программу с походом в зоопарк. А по окончании соревнований состоялась дружеская встреча на берегу Сурского водохранилища.

Победителями чемпионата среди мужчин стали Евгений Пашнин (Свердловская область), Омари Садуков (Свердловская область) и Алексей Постнов (Пензенская область), а среди женщин — Юлия Вязовская (Пензенская область), Елена Ельченко (Свердловская область) и Анна Садукова (Свердловская область). В командном зачёте лучшими были хозяева чемпионата — команда Пензенской области, на втором и третьем местах — команды Свердловской области и г. Санкт-Петербурга соответственно.

Победителями первенства России среди юниоров стали Платон Журавлёв (Алтайский край), Данил Шестаков (Кемеровская область) и Павел Филоненко (Свердловская область). У юниорок места с первого по третье заняли Валерия Першина (Пензенская область), Екатерина Иванова (Кемеровская область) и Марина Куданова (Пензенская область).

Определились сильнейшие юноши. Ими стали Артём Мелькин из Подмосковья, Дмитрий Кузнецов (Пензенская область) и Алексей Малютин (Алтайский край). А среди девушек на пьедестал почёта поднялись Елена Малышева (Пензенская область) и две подмосковные спортсменки — Елизавета Ивахненко и Ксения Емельянова.

В командном зачёте первенства России сильнейшими тоже были хозяева соревнований — команда Пензенской области, на второй и третьей строчках турнирной таблицы расположились Алтайский край и Кемеровская область.

По итогам чемпионата и первенства России определился состав сборной команды России для выступления на тринадцатом чемпионате мира по скоростной радиотелеграфии, который состоится в Черногории в конце сентября этого года.

Спортивная радиопеленгация — 17-й чемпионат Европы



Алексей АБРАМОВ (RA4HRA), г. Самара

Остались позади этапы напряжённой борьбы за места в юношеской сборной России по спортивной радиопеленгации. За право защищать флаг страны в этом году на юношеском чемпионате Европы в Норвегии молодые спортсмены состязались на лесных трассах Ставрополья и Рязани.

И вот отбор завершён — утверждены основной и запасной составы сборной. Получены приглашения от организаторов чемпионата, улажены формальности, связанные с получением виз, куплены билеты. В сборной России 2016 г. представлены восемь регионов страны: Москва, Санкт-Петербург, Владимирская, Пензенская, Ростовская и Самарская области, Ставропольский край. Руководитель сборной команды — Елена Геннадьевна Овчинникова.

Столица Норвегии город Осло встречает нас пасмурной, дождливой погодой. Добираемся на электропоезде до железнодорожного вокзала, короткая пересадка — и вот уже команда бодро шагает по направлению к международному хостелу Haraldsheim.

Немного затянувшаяся процедура расселения по комнатам не испортила настроения. Впереди — распределение по забегам, заседание судей совместно с руководителями команд, знакомство с распорядком на завтра.

День заканчивается общим собранием команды, на котором раздаются номера, электронные чипы, бэйджи и другие необходимые участникам соревнований аксессуары.

Большая часть наших сборников уже принимала участие в первенствах Европы, поэтому многие друг с другом уже знакомы. Тем более, что все встречались на отборочных стартах. Елена Геннадьевна попросила старожила сборной Полину Роговинскую сказать пару напутственных слов. После короткого общения со своими тренерами ребята отправились отдыхать. Завтра первый день борьбы за личные медали чемпионата Европы — соревнования в спортивной дисциплине "спортивная радиопеленгация — спринт".

Спринт — это сравнительно молодая дисциплина радиоспорта, относящаяся к спортивной радиопеленгации. Дистанцию спринта лидеры преодолевают, как правило, за 15...20 мин.

Окончание. Начало см. на 2-й с. обложки

Радиопередатчики работают в диапазоне 80 метров в режиме 12 секунд — работа, 48 секунд — пауза. Всего на дистанции устанавливаются два комплекта по пять передатчиков. Каждый комплект работает на своей частоте. Сначала спортсмен должен обнаружить требуемые для его категории передатчики на первом круге. Затем прибежать на промежуточный финиш, оборудованный радиомаяком, передающим позывной S. После отметки на промежуточном финише спортсмен должен обнаружить передатчики второго круга, затем произвести отметку на финишном радиомаяке и финишировать.



Ответственный этап — официальная тренировка. Со спортсменкой Ириной Некрасовой работает заслуженный тренер РСФСР Константин Зеленский.

Кроме разных частот, передатчики первого и второго круга отличаются скоростью передачи позывных. На первом круге — манипуляция медленная, на втором — быстрая. Соответственно контрольные пункты первого круга маркируются просто номером передатчика, а второго круга — номером с буквой F (от английского fast — быстрый).

Особенность контрольных пунктов в соревнованиях в дисциплине спринт — это отсутствие красно-белой призмы. Рядом с радиопередатчиком устанавливается кол со станцией электронной отметки. В помощь спортсмену он окрашивается в красно-белые полосы, подобно шлагбауму. Несмотря на специальный окрас, заметить такой контрольный пункт нелегко, и от спортсмена требуются не только оперативные действия, но и чрезвычайно точное движение по пеленгу.

Первый соревновательный день начался с тренировки-проверки аппаратуры. На открытом склоне, рядом с хостелом, организаторы установили по два работающих поочерёдно по одной минуте радиопередатчика на каждом диапазоне и приводные (финишные) радиомаяки. Таким образом, у спортсменов была возможность проверить свою аппаратуру, оценить мощность радиопередатчиков, отметить частоты и освоить электронную отметку EMIT, с которой большинство столкнулись впервые. Затем тренировочная дистанция была переключена в режим "спринт".

По окончании тренировки, после небольшого перерыва, был запланирован отъезд на забег. Посадка в автобусы проходила под аккомпанемент накрапывающего дождика, который постепенно перешёл в проливной. Прогноз погоды обещал периодические ливневые дожди, но насколько их периодичность совпадёт с временем нахождения на старте и дистанции никто не знал. То ли в шутку, то ли всерьёз, сопровождавший наш автобус судья объявил, что через несколько минут дождик кончится и установится замечательная солнечная погода. Так оно и оказалось. После выезда из очередного тоннеля о дожде напоминали лишь капли воды на стёклах автобуса. Сияло солнце, ветер разгонял остатки дождевых туч. Автобус привёз нас на место финиша, откуда спортсмены и часть тренеров организованной колонной в сопровождении судей пешком отправились на старт.

При планировании дистанции спринта на юношеском чемпионате Европы организаторы хотели обеспечить зрителям возможность наблюдать прохождение спортсменов через промежуточный финиш. Дистанция второго круга была спланирована так, что спортсмены также пробегали мимо основного финиша. Такая планировка привела к

тому, что спортсмены были вынуждены буквально проталкиваться через толпу тренеров, зрителей и уже финишировавших участников. Неудачно развёрнутый финишный коридор вынудил ряд спортсменов (в нарушение правил) пересечь разметку. По российским правилам такое нарушение в спринте штрафуется добавлением одной минуты к результату, а по международным — спортсмен может быть снят. Забегая вперёд, скажу, что никто не был наказан, так как организаторы признали, что нарушения допускались вследствие их собственной ошибки. Сама планировка месторасположений контрольных пунктов была достаточно очевидной, без сюрпризов, как в общем-то и должно быть на юношеских соревнованиях. Из плюсов также отмечу хорошую зрелищность — в этой части задумка организаторов удалась.

Спринт принёс россиянам две золотые медали по женским категориям. В группе Ж16 "золото" завоевала владимирская спортсменка Евдокия Садофьева, в группе Ж14 первое место досталось пензенской спортсменке Насте Добрышкиной. С отставанием в 18 секунд вторую ступеньку пьедестала заняла её землячка Дарья Чамина. По категории М14 серебро досталось Илье Спектору. И всего 15 секунд не хватило Дмитрию Комарову, чтобы зацепиться за "бронзу" по категории М16. В результате из 12 разыгранных медалей четыре достались нашей сборной, в том числе половина разыгрываемого "золота".

Старт второго соревновательного дня располагался в живописной парковой зоне на берегу большого озера. В этот день нашим ребятам предстояло преодолеть классическую дистанцию на диапазоне 144 МГц. А в классических дисциплинах, кроме личного первенства, также разыгрываются и командные медали. В зачёт команды идёт сумма результатов, показанных двумя лучшими спортсменами.

В классических дисциплинах спортивной радиопеленгации передатчики дистанции работают в режиме одна минута работы и четыре минуты паузы. Всего устанавливаются пять радиопередатчиков плюс финишный радиомаяк. Кроме радиопередатчика, контрольный пункт оборудуется красно-белой трёхгранной призмой со стороной 30 см и средствами отметки. Число передатчиков, которое требуется обнаружить, зависит от возрастной категории спортсмена. Общая длина дистанции на юношеских соревнованиях составляет примерно пять километров. Так же, как и в спринте, последовательность обнаружения контрольных пунктов определяется самим спортсменом. По правилам ближайший к старту радиопередатчик не может находиться на расстоянии менее 500 м. Такая "зона" необходима для того, чтобы исключить ситуацию, когда к моменту первого включения передатчик оказывается далеко за спиной спортсмена.

Диапазон 144 МГц предъявляет особенные требования к мастерству спортсмена. Дело в том, что на пути распространения радиоволн находится масса всевозможных препятствий — формы рельефа местности, кроны деревьев, искусственные сооружения и т. п. Все эти препятствия различным образом экранируют, переизлучают и отражают радиосигнал и вносят значительные искажения в теоретические законы распространения радиоволн.

Направление, которое показывает пеленгатор, далеко не всегда является истинным. В некоторых местах, например, между холмами или в овраге, в ряде случаев сигнал может приходить в антенну с противоположной от передатчика стороны. Таким образом, спортсмену необходимо думать о выборе оптимального места для пеленгования, усреднять множество пеленгов, не "покупаться" на внезапно изменившееся направление на передатчик при спуске в низину. В общем, своей грамотной тактикой стараться скомпенсировать все сюрпризы, которые преподносят законы распространения радиоволн УКВ-диапазона в реальной местности.



Соревнования окончены — Бабаев Сергей из Санкт-Петербурга "беседует с аборигенами".

В личном зачёте классический забег на диапазоне 144 МГц принёс одно "золото" по группе М14, которое завоевал самарский спортсмен Алексей Данилюк. Проиграв ему 43 секунды, "серебро" завоевал пензенец Дмитрий Мельников. Среди старших юношей "бронза" досталась самарцу Павлу Першицу. Девочки забрали "серебро": по группе Ж14 — Даша Чамина из Пензы, а по Ж16 — владимирская спортсменка Надежда Мельникова. Итого пять медалей из 12!

Среди команд первые ступеньки пьедестала здесь достались нашим спортсменам по группам Ж14, Ж16 и М14. Юноши М16 заняли третье место, уступив верхние ступеньки вечным соперникам из команд Украины и Чехии.

И наконец, заключительный день юношеского чемпионата Европы. Он стал триумфальным для сборной России. Соревнования проходили в классической дисциплине на диапазоне 3,5 МГц.

На этом диапазоне отклонения пеленгов от истинного направления на передатчик минимальны. Лучшие результаты показывают спортсмены, имеющие лучшую техническую и функциональную подготовленность. Это диапазон высоких скоростей, точного движения по пеленгу и грамотного ориентирования. Не случайно, что организаторы оставили самую сложную местность именно для этого диапазона. Различные градации проходимости леса, большие перепады высоты, жёсткий рельеф, склоны, изрезанные скальными выходами, заболоченные низины. Всё это представляло замечательную площадку для проявления всех качеств радиоспортсмена.

Стартовая площадка находилась рядом с лыжным клубом. На соседнем склоне располагались трамплины и подъёмники. На открытой поляне шло активное строительство лыжного стадиона с мостиками и эстакадами.

Пасмурное небо угрожало дождём, и спортсмены, сдав на хранение аппаратуру, расположились под тентами, заранее установленными организаторами. Стартовый интервал между соседними забегами в классических дисциплинах составляет пять минут, и общая продолжительность старта — примерно три часа. Поэтому участникам последних забегов достаётся довольно утомительное ожидание своей очереди выйти на лесную трассу. По прибытии на старт спортсмены обязаны сдать аппаратуру — сложить пеленгаторы в специально предусмотренное место. Это делается для того, чтобы у спортсменов не было преждевременной возможности прослушивать со старта работу передатчиков.

Процедура сдачи аппаратуры на международных соревнованиях происходит так. Судьи поочерёдно вызывают сборные команды для сдачи пеленгаторов. Команда выстраивается

в порядке, обратном порядку старта, и направляется к месту хранения аппаратуры. Приёмники компактно укладывают в отведённом для команды месте. Аппаратура стартующих позже, таким образом, оказывается внизу, под пеленгаторами стартующих в первых забегах.

На личных внутрироссийских стартах спортсмены размещают свои пеленгаторы в месте сдачи аппаратуры в индивидуальном порядке, в меру возможностей и личной фантазии. Поэтому место сдачи аппаратуры выглядит, как в фантастическом фильме, — приборы загадочного назначения разложены на земле, прислонены к стволам деревьев, развешаны словно ёлочные украшения на ветвях. У некоторых, не особо внимательных, вызов на старт начинается с поиска собственного пеленгатора.

Итак, пеленгаторы ждут своих хозяев, ребята, компактно разместившись под тентами, настраиваются на старт, общаются, перекусывают.

Перед отъездом на финиш наблюдаю забавную сценку. На двух микроавтобусах приезжает довольно большая группа малышей — возраст от трёх до пяти лет. Все наряжены в жёлтые сигнальные жилеты, подобные тем, какие у нас носят сотрудники ГИБДД. У каждого рюкзачок. Собрались в поход. Потом я видел их на финише. Расстояние больше километра по прямой. Думаю, ребятня нагуляла не меньше трёх километров. Вообще, в течение всего пребывания в Норвегии поневоле обращаешь внимание на огромное количество людей всех возрастов, занимающихся физической культурой и спортом. Традиционная скандинавская ходьба с палками, велосипед, бег, лыжероллеры.

На этот раз организаторы порадовали живописным финишем на берегу красивого озера с множеством разновозрастных и разнокалиберных уток. Утки отличались редким нахальством, никого не боялись, путались под ногами, выпрашивая корм.

Погода удивительным образом наладилась, солнечные блики играли в чистой озёрной воде.

И вот подошло время, когда на финише должны появиться первые участники. Вообще, положение болельщика на соревнованиях по спортивной радиопеленгации разительно отличается от, например, привычных футбольных матчей. Вся территория соревнований закрыта для посещения зрителей и тренеров. Остаётся наблюдать только за финишем. Правда, накал эмоций не меньше, чем на стадионе. Тренеры, товарищи по команде приветствуют своих спортсменов, показавшихся в финишном коридоре. Звучат ободряющие крики на разных языках. И хотя финишный коридор составляет ничтожную часть от всей дистанции, порою промедление в финишном коридоре означает несколько секунд, отделяющих спортсмена от заветной медали.

Судья-информатор объявлял по громкой связи номера спортсменов, производящих отметку на финишном маяке, а информация о показанном времени высвечивалась на электронном табло. Отрадно было видеть, как верхние строчки занимают спортсмены, помеченные буквами RUS.

Этот забег стал рекордным для нашей сборной за всю семнадцатилетнюю историю юношеских чемпионатов Европы.

Личное "золото" завоевали: М16 — Дмитрий Комаров (Санкт-Петербург), М14 — Илья Спектор (Самара), Ж14 — Анастасия Добрышкина (Пенза), Ж16 — Евдокия Садофьева (Владимир). "Серебро" досталось Павлу Першицу (Самара), М16 и Алексею Данилюку (Самара), М14. "Бронза" — Светлане Мельниковой (Владимир), Ж14 и её старшей сестре Надежде Мельниковой (Владимир), Ж16. В личных соревнованиях российская сборная завоевала всё "золото" и восемь медалей из 12.

В командном первенстве все первые ступеньки пьедестала также заняли российские команды.

На награждении звучал только гимн нашей Родины, восемь раз. После окончания награждения наши вечные соперники — сборная Чехии устроила россиянам настоящую овацию. "Россия — молодцы", — кричали они на русском языке. И я лично полностью с ними согласен. Читатели, я думаю, тоже.

НОВОСТИ СРР

Комиссия по аккредитации Минспорта России во главе с заместителем министра спорта Павлом Колобковым на своём заседании 2 августа этого года приняла решение аккредитовать СРР в качестве общероссийской спортивной федерации по виду спорта "радиоспорт" до 2018 г. Союз на комиссии представляли президент СРР Дмитрий Воронин (RA5DU) и начальник спортивного отдела СРР Светлана Манаева.

Эта аккредитация — заключительный этап встраивания радиоспорта в систему официального спорта России. Первым этапом было участие СРР в лоббировании принятия поправок в федеральный закон "О физической культуре и спорте в Российской Федерации", в соответствии с которыми право на аккредитацию получили региональные отделения СРР без образования юридического лица. Напомним, что эти поправки были утверждены Президентом России Дмитрием Медведевым 23 февраля 2011 г. Вторым этапом стала работа по аккредитации региональных отделений, в ходе которой были созданы многочисленные пособия, памятки, а затем и специальная страничка на сайте СРР с образцами всех необходимых документов. И вот результат достигнут — число аккредитованных региональных отделений СРР достигло 47 и превысило необходимый минимум в 43 аккредитованных РО СРР.

Это означает, что запущен механизм спортивной работы в регионах в соответствии с действующим законодательством, а положение радиоспорта в официальной системе спорта в Российской федерации на всех уровнях (как федеральном, так и региональном) ещё более упрочилось.

Остаётся поздравить всех радиоспортсменов с очередной вехой в становлении СРР и пожелать аккредитованным региональным отделениям СРР и всему СРР в целом успехов в развитии радиоспорта.

UA3BA — Сан Саныч Баранов

Сергей ГАВРИЛОВ, г. Москва

Те, кто работает с детьми, всегда пользуются заслуженным уважением у своих коллег радиолюбителей. Они дают подрастающему поколению не просто увлекательное занятие, отрывая от того, что принято называть "улицей", но для многих занятия в различных кружках и секциях служат основой для ранней профессиональной ориентации. Одним из таких подвижников в области детского радиолюбительства был Александр Александрович Баранов (UA3BA), который несколько десятилетий возглавлял радиосектор московского Дворца пионеров и школьников.

"Путешествуя по Интернету" на сайте "Опытной едок" (http://expert-eater.nethouse.ru/), мы нашли воспоминания о нём одного из его учеников, написанные в 2009 г., после его кончины. Вот эти воспоминания.

В конце июня позвонил мне знакомый.

— *Ты уже знаешь? Сан Саныч Баранов умер.*

Александр Александрович Баранов человек незнаменитый: поисковые системы Интернета дадут множество ссылок на более прославленных тёзок. И однако — люди звонили и писали друг другу: слышали? Умер наш Сан Саныч.

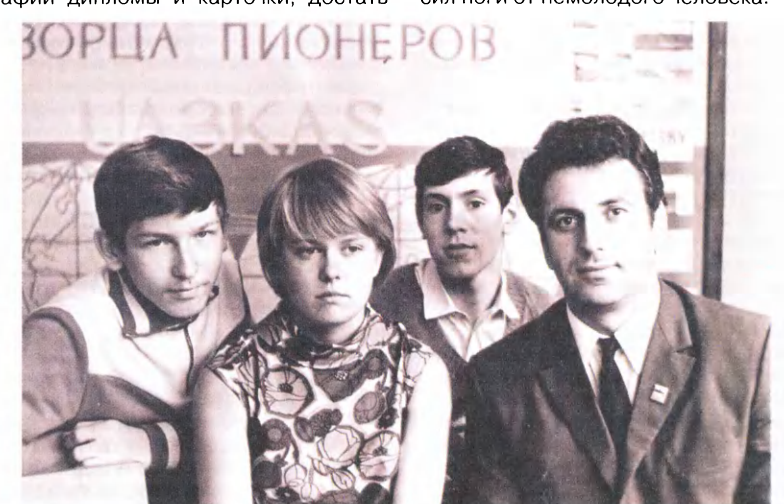
В сентябре 1963 г. в стильном фойе только что отстроенного московского Дворца пионеров и школьников на Ленинских горах стояли столы с табличками — шла запись в кружки. Я попал в секцию радиоспорта, которую основал Сан Саныч.

Немногим теперь и ведомо, что существует такой вид спорта: он был популярным в те годы по причине его впечатляющей технической оснащённости. Привлекало всё, что связано с радио. На коллективной радиостанции Дворца, имевшей позывной UA3KAS, мы дивились невиданным армейским приёмникам, корабельным передатчикам, за окошками которых ярко светились могучие генераторные лампы. Однако ничуть не удивлял сам факт, что секция располагает всем этим — а как же: ведь в нашей стране "всё лучшее – детям". Мы не догадывались, что это добро надо было где-то раздобыть (договорившись с воинскими частями), привезти, втащить, подключить.

В молодости А. А. Баранов плавал по морям судовым радистом, при его способностях и энергии мог бы сделать карьеру, добиться каких-то постов. Но он пришёл в Дворец пионеров и до конца жизни работал с детьми. Ему было дело до каждого!

Мы изучали азбуку Морзе, работали в радиолюбительском эфире. Нам, подросткам, тридцатилетний Сан Саныч представлялся человеком едва ли не пожилым. Взирали, раскрыв рот: видный, в синем трико со значками мастера спорта и заслуженного тренера СССР. Если наш кумир садился за телеграфный ключ, то выдавал такую скорость, что мы только ахали. А его рассказы! На каждом занятии открывалось что-то новое.

Он знал, как заинтересовать детей: устраивал соревнования, экскурсии к военным связистам, вылазки на природу, даже летние поездки в Артек — с аппаратурой, с рассказами, с состязаниями — наподобие "охоты на лис". И опять-таки казалось естественным: сдали на спортивный разряд — тут же получили значки. Мы не задумывались, как непросто всё организовать: судейство, значки разрядников, киносъёмку, заказать вымпелы, отпечатать в типографии дипломы и карточки, достать деньги на призы и поездки. У меня до сих пор служит (для кофе) расписной хохломской бочонок, вручённый за победу в каком-то соревновании.



Александр Александрович Баранов и его ученики.

То были годы непривычной открытости страны миру. О детской радиостанции прознали — тут тоже постарался её энергичный руководитель. Мы, кружковцы, гордо принимали череду иностранных делегаций, пояснения давал лично Сан Саныч на прекрасном английском. Мировая известность приносила понятные преимущества. Например, некий зарубежный меценат прислал в подарок детям вращающуюся коротковолновую антенну — у нас подобное в те годы немыслимо было достать.

Через секцию Сан Саныча прошли сотни подростков: он был учителем, воспитателем, тренером, наставником, сэнсеем (о последнем ниже). Трудно вообразить, скольких ребят он оторвал от скверных компаний, скольким определил жизненный путь. Случалось, совал просто деньги из своего кармана — голодному пацану на перекус в столовой. Вспоминаю наших первых кружковцев. Юрий Бурдин — персона, известная ныне в компьютерном бизнесе. Николай Домбковский — журналист, талантливый, хотя и непростой судьбы человек. Олег Неручев — известный радист и путешественник, бывал в Арктике и в Антарктике, да где только не был. Николай Белоусов — позднее чемпион страны.

Много лет прошло с тех времён. И на рубеже тысячелетий судьба столкнула меня с Сан Санычем снова. Он по-прежнему во Дворце (только уж не "пионеров" теперь). Тут я узнал ещё об одном неожиданном таланте нашего наставника: он тренер самбо, много лет ведёт секции. Не по спортивным единоборствам, а обучает самозащите, выбирая из разных систем (дзюдо, каратэ) наиболее применимое к ситуации реального боя.

Проводит особые занятия для девочек — вещь нелишняя в современном мире. Бывало такое, что озабоченный амбал привязывался к группе девчонок-подростков прямо во время тренировки на лужайке Дворца. Конечно, наглец тут же делался наглядным пособием, уносил ноги от немолодого человека.

Начал я вновь брать уроки у своего давнего учителя. В свои 70 лет он продолжал удивлять — феноменальной ловкостью, реакцией!

Оказалось, что самооборона — не одни только "приёмчики". Это и философия, психология схватки. Как не довести дело до физического столкновения, победить морально. А если пришлось драться — уметь нейтрализовать того, кто сильнее. Пришлось разбираться в прикладной анатомии: как попасть в солнечное сплетение, в голень и так далее.

Помимо прочего, это было очень интересно! У Сан Саныча оказались свои, им разработанные приёмы, идеи. На предложения написать книжку только махал рукой: некогда, надо работать с детьми.

В последние годы стало известно, что наш наставник тяжело болен — слабое сердце. Готовились к худшему, и всё равно: с кончиной таких людей пропадает что-то важное. Будто рвётся одна из нитей, которыми мы привязаны к миру.

Потому что уходит тот, кому было до нас дело. ■



"Домодедово-2016" состоится!






Традиционный Международный радиолюбительский фестиваль "Домодедово-2016" будет проводиться в этом году 29 сентября—2 октября в Подмосковье. Организаторами фестиваля являются Союз радиолюбителей России, Russian Contest Club и Russian Robinson Club при участии и поддержке других радиолюбительских организаций, объединений и клубов.

Гостей и участников фестиваля ждёт увлекательная и насыщенная программа:

- Интересные видео-аудио-фотоматериалы.
- Презентация ведущих контест-станций СНГ.
- <u>ВПЕРВЫЕ</u>: Грандиозная ярмарка-продажа радиолюбительской аппаратуры.
- Конкурсы PILE UP, QUIZ.
- УКВ-минитест нового формата.
- Традиционная лотерея и очень ценные призы от спонсоров.
- "DX Dinner" в пятницу и главный банкет в субботу.
- Конкурс исполнителей "Радио и музыка" — только живой звук.
- Презентации компаний-продавцов и производителей товаров и услуг для радиолюбителей.
- VOICE contest — проведение "радиосвязей" своим голосом.
- Демонстрация современных технологий радио-SDR, remote operation — технический форум.
- Футбольный матч "Сборная СРР против всех".
- RCC-форум.
- Бизнес-форум "Радио и Бизнес".
- Выступление ВИА "Q.R.Z." — живая музыка в исполнении радиолюбителей.
- Дискотека под живую музыку.

Для женщин и детей:

Экскурсия по Москве и Подмосковью.

И многое другое...

Более подробно ознакомиться с программой фестиваля можно по адресу **http://www.domodedovo2016.ru** на официальном сайте.

На сайте выложена интерактивная форма регистрации участников с возможностью выбора категории проживания, заказа питания и прочих доступных услуг, а также с возможностью предварительной оплаты. Цены на проживание и питание вполне демократичны даже для Подмосковья. Для тех, кому важен комфорт, имеются номера VIP-класса.

Все зарегистрированные участники фестиваля получат папку участника с интересными материалами, вымпел фестиваля, а также персональный бейдж. Кроме того, вы можете заказать фирменную майку участника фестиваля с вашим позывным.

К участию в фестивале приглашаются широкие массы радиолюбителей стран бывшего СССР и дальнего зарубежья — не только радиолюбители, но и их семьи — дети, жены, подруги, родственники. Мы обещаем, что вам **НЕ БУДЕТ скучно!**

Кроме того, приглашаем:

— производителей и продавцов радиолюбительской техники и антенн — вы сможете представить вашу продукцию широким массам радиолюбителей;

— представителей бизнеса, связанных с электроникой, — на фестивале вы можете обсудить возможные совместные проекты, а также, возможно, найти новых партнёров, заказчиков, исполнителей и(или) сотрудников;

— представителей СМИ для освещения мероприятия в прессе;

— спонсоров, для которых фестиваль — отличная возможность позиционировать свой бизнес и(или) продукцию.

Предварительное расписание всех мероприятий опубликовано в разделе сайта "Программа".

Приезжайте, Вы не пожалеете!

ОРГКОМИТЕТ ФЕСТИВАЛЯ "ДОМОДЕДОВО-2016"

Вопросы, пожелания и предложения по телефону: **+7 (495) 540-49-73.**



СРР разъясняет

Национальным радиолюбительским организациям рекомендуется довести до сведения своих членов информацию о том, что рекомендация СЕПТ T/R 61-01 действует в отношении радиооператоров, использующих позывной своей любительской радиостанции с соответствующим префиксом страны пребывания только в том случае, когда радиооператор физически находится на территории страны пребывания. Указанная выше рекомендация не применима для дистанционного управления радиостанцией (Рекомендация конференции IARU в Сан-Сити SC11_C4_REC_07).

Дистанционным управлением называется управление радиооператором своей любительской радиостанцией через терминал, не подключённый физически к радиостанции.

При дистанционном управлении должны выполняться следующие условия.

Дистанционное управление должно быть разрешено Администрацией связи страны, в которой находится радиостанция, либо Администрация связи не должна возражать против дистанционного управления радиостанцией.

Вне зависимости от места нахождения оператора позывной сигнал радиостанции, управляемой дистанционно, должен быть выдан Администрацией связи страны, на территории которой находится радиостанция.

Следует отметить, что Рекомендация конференции IARU в Сан-Сити SC11_C4_07 призывает национальные радиолюбительские организации довести до сведения своих членов информацию о том, что рекомендация СЕПТ T/R 61-01 действует в отношении радиооператоров, использующих позывной своей любительской радиостанции с соответствующим префиксом страны пребывания только в том случае, когда радиооператор физически находится на территории страны пребывания. Указанная выше рекомендация не применима для удалённой работы.

Любые дополнительные требования в отношении участия дистанционно управляемых любительских радиостанций в соревнованиях и дипломных программах являются предметом регулирования со стороны организаторов этих соревнований и дипломных программ (Рекомендация конференции IARU в Варне VA14_C4_REC_04).

Заметим, что в ряде стран, в том числе и в Российской Федерации (см. 126-ФЗ "О связи"), действует разрешительный принцип доступа к радиочастотному спектру. В таких странах отсутствия возражений Администрации связи недостаточно, требуется её разрешение на использование любительской радиостанции в режиме дистанционного управления. Условия использования любительской радиостанции в режиме дистанционного управления на территории Российской Федерации определены абз. 2 п. 3.1 "Правил использования радиочастот".

Регенеративный, на 80 метров...

Сергей БЕЛЕНЕЦКИЙ (US5MSQ), г. Киев, Украина

Всё началось с того, что как-то по случаю я приобрёл добротно сделанную экранированную катушку ГПД от радиоприёмника Р-250. Их много появилось на наших "блошиных" рынках (это сколько же Р-250 "разбомбили на цветмет"!). Добавил к катушке КПЕ с верньером 1:40 несколько транзисторов, резисторов и конденсаторов, и через пару часов на макетной плате заработал вполне приличный регенеративный приёмник диапазона 2,8...3,8 МГц.

Благодаря качественной катушке стабильность частоты настройки приёмника оказалась на высоте. И что любопытно (хотя это и субъективно) — слушать на него АМ-станции оказалось намного комфортнее, чем на большие и тяжёлые радиоприёмники РПС, Р-326М, Р-309. При этом приёмник и по питанию очень экономичный — ток потребления всего 3 мА!

Схема приёмника приведена на **рис. 1**. Функции регенерации и детектирования в нём выполняют раздельные каскады — на транзисторах VT1 и VT2 соответственно. Это, по сравнению с регенерирующим детектором, позволило в разы повысить максимально достижимую стабильную добротность и соответственно чувствительность и избирательность. Эти данные основаны на проведённом мной эксперименте, когда на тех же компонентах был испытан регенерирующий истоковый детектор, который, в общем-то, работал неплохо. Но получить с ним стабильную полосу пропускания уже 800 Гц я не смог — он срывается на генерацию. Поэтому чувствительность и усиление в нём получились примерно в два раза ниже.

Сигнал из антенны через ВЧ-разъём XW1 и плавный аттенюатор на переменном резисторе R4 поступает на конденсатор C7 большой ёмкости (керамический или КСО), образующий совместно с другими контурными конденсаторами ёмкостный делитель с большим коэффициентом деления. Поэтому собственное излучение в эфир в автодинном режиме мизерное. Более того, частота настройки приёмника слабо зависит как от длины антенны (её коэффициент включения в контур очень мал — примерно 1/110 по напряжению или же 1/12000 по сопротивлению), так и от манипуляций с аттенюатором на R4. Больший плюс в том, что при таком включении антенны для верхних частот контур представляет собой ФНЧ третьего порядка, который эффективно подавляет внедиапазонные помехи, в частности, от радиостанций УКВ-диапазонов.

Собственно сам регенератор выполнен по схеме ёмкостной трёхточки на транзисторе VT1. Контур состоит из катушки L1 (её индуктивность 31 мкГн) и конденсаторов C1, C2, C4—C7. Частоту гетеродина можно перестраивать конденсатором переменной ёмкости C4 на участке 2800...3800 кГц. Его границы можно изменить подбором "растягивающего" конденсатора C2. Уровень регенерации регулируют переменным резистором R1 изменением напряжения смещения на базе транзистора VT1.

За счёт слабой связи транзистора с контуром можно получить лучшие результаты по стабильности режима регенерации и минимизировать влияние регулировки уровня регенерации на частоту настройки. Последнее свойство очень важно для комфортного пользования регенератором, так как у транзисторов (особенно у биполярных), в отличие от ламп, межэлектродные ёмкости существенно зависят от рабочих напряжений и токов.

Высокую стабильность параметров транзистора VT1 определяет глубокая ООС по постоянному току (так называемая базово-эмиттерная стабилизация) посредством резисторов R2,R3,R5.

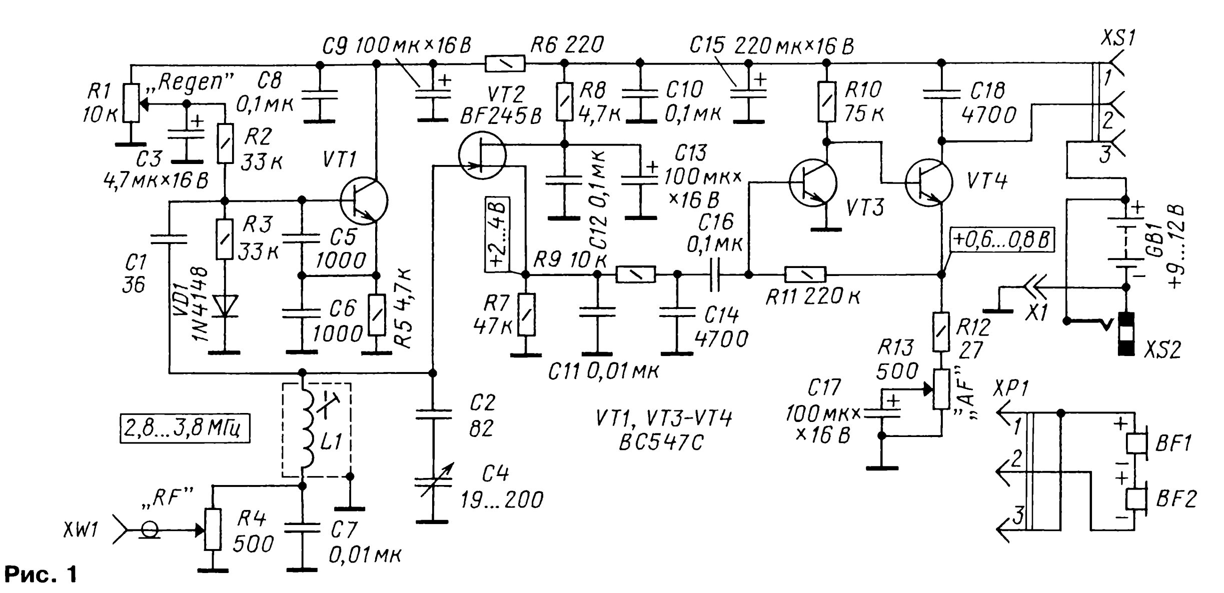


Рис. 1

Коэффициент усиления и чувствительность (при соотношении сигнал/шум 10 дБ) этого приёмника примерно 150000 и 3...5 мкВ при приёме АМ-сигналов, а при приёме CW- и SSB-сигналов — соответственно 1,5 миллиона и 1...2 мкВ. Вероятно, реальная чувствительность приёмника ещё выше, но достоверно измерить оказалось трудно, так как очень высок уровень принимаемых на измерительные провода эфирных шумов и помех. Плавный подход к точке генерации обеспечил прекрасную селективность — полоса пропускания может быть сужена примерно до 200...300 Гц, т. е. добротность достигает 12...15 тысяч! Особенно хорошие результаты получаются, когда для регулировки регенерации применён многооборотный переменный резистор, но и с обычным переменным резистором получаются неплохие результаты.

Диод VD1 обеспечивает термостабилизацию режима VT1 по постоянному току и повышает плавность регулировки уровня регенерации при малых значениях эмиттерного тока.

Если выше начальная добротность катушки и лучше усилительные свойства транзистора, то связь транзистора с контуром может быть меньше. Следовательно, будет меньше его дестабилизирующее влияние на полученную (регенерируемую) добротность и на стабильность частоты.

В нашем случае транзистор включён в контур через два ёмкостных делителя:

— делитель контурных токов ("разветвитель") между двумя параллельно включёнными цепями C2C4 и C1C5C6, имеющий коэффициент деления контурного тока $K_{дт}$;

— делитель контурного напряжения C1C5C6, имеющий коэффициент деления контурного напряжения $K_{дн}$.

Общий коэффициент включения транзистора в контур будет равен произведению этих величин: $K_д=K_{дт}\cdot K_{дн}$, а коэффициент трансформации входного сопротивления и собственной ёмкости транзистора в контур равен квадрату этого соотношения.

К примеру, при приёме в автодинном режиме после слабой станции включилась мощная, и мы для улучшения качества приёма (повышения помехоустойчивости) увеличили резистором R1 ток через транзистор VT1. При этом межэлектродные ёмкости транзистора

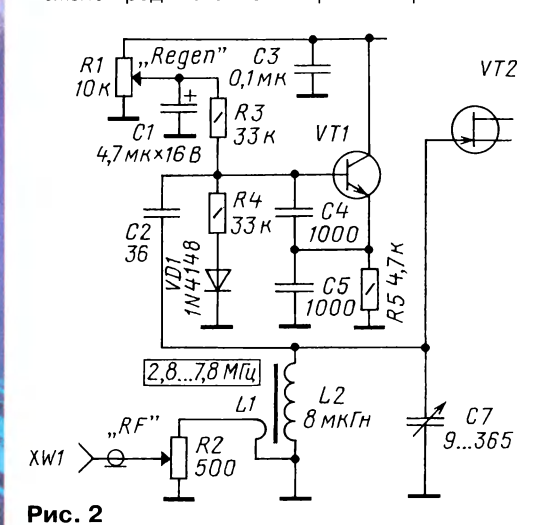


Рис. 2

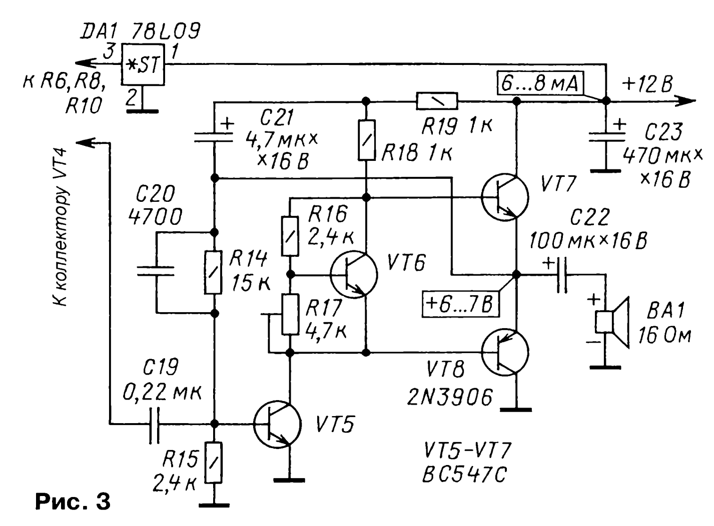


Рис. 3

VT1 изменятся. Оценка показывает, что, например, на частоте 3,52 МГц в этом приёмнике изменение резонансной частоты контура будет всего около 26 Гц! То есть большие изменения режима работы транзистора не приведут к существенным изменениям частоты приёма.

На практике ёмкость конденсатора C1 выбирают минимально возможной – такой, чтобы устойчивая генерация на наивысшей рабочей частоте начиналась при напряжении на движке резистора R1 примерно +6...7 В. Диапазон рабочих частот регенератора можно пересчитать под свои потребности с помощью программы KONTUR3C, подставляя в ячейку собственной ёмкости генератора значение 38...40 пФ.

Детектирование сигнала осуществляется полевым транзистором VT2, включённым по схеме истокового детектора. К его преимуществам можно отнести:

— высокое входное сопротивление, хорошую линейность детектирования (за счёт стопроцентной ООС по огибающей) в режиме АМ;

— достаточно высокую линейность смесителя и чистоту спектра преобразования (за счёт квадратичной ВАХ) в автодинном режиме.

Малый ток стока транзистора VT2 (десятки микроампер — определяется резистором R7) позволяет линейно детектировать АМ-сигналы с уровня 50...70 мВ. При меньших уровнях входного АМ-сигнала детектирование будет проходить уже на квадратичном участке ВАХ, качество выходного сигнала остаётся ещё вполне приличным, а вот выходной сигнал падает уже пропорционально квадрату уменьшения уровня входного сигнала. К примеру, при входном сигнале приблизительно 3 мВ на выходе истокового детектора будет около 50 мкВ.

Поэтому для повышения чувствительности приёмника следует применить УНЧ с большим усилением. Это тем более актуально для работы в автодинном режиме, когда (аналогично приёмникам прямого преобразования) основное усиление обеспечивает именно УНЧ. В истоковом детекторе можно применять практически любые полевые транзисторы с n-каналом, но, вероятно, потребуется подбор резистора R7 в цепи истока до получения тока стока в пределах 50...100 мкА.

С выхода детектора сигнал через однозвенный ФНЧ R9C14 с полосой среза порядка 3 кГц поступает на двухкаскадный УНЧ. Он собран по типовой схеме на современных малошумящих транзисторах VT3, VT4 с высоким коэффициентом передачи тока, включённых по схеме с ОЭ и с непосредственной связью между каскадами. Благодаря стопроцентной ООС по постоянному току режимы транзисторов по постоянному току устанавливаются автоматически и мало зависят от колебаний температуры и напряжения питания. Нагрузкой УНЧ служат высокоомные головные телефоны BF1, BF2 с сопротивлением по постоянному току 4,4 кОм, которые включены непосредственно в цепь коллектора транзистора VT4 (через разъём XS1). При этом через их катушки протекает и переменный ток сигнала, и постоянный ток транзистора, что дополнительно подмагничивает излучатели и улучшает их работу. Конденсатор C18 совместно с индуктивностью последовательно включённых телефонов образует резонансный контур с частотой примерно 1,2 кГц. Но из-за большого активного сопротивления обмоток добротность последнего невысока — полоса пропускания по уровню –6 дБ примерно равна 400...2800 Гц. Его влияние на общую АЧХ не существенно и носит вспомогательный характер — дополнительной фильтрации и небольшой коррекции АЧХ.

Усиление УНЧ ограничено сопротивлением резистора R12 на уровне 10000 (больше и не надо). Громкость регулируют переменным резистором R13 увеличением глубины ООС примерно в 50...70 раз, что в сочетании с плавным аттенюатором на входе приёмника вполне достаточно для комфортного приёма любых уровней входного сигнала. Но с учётом вероятных больших перепадов уровней продетектированного сигнала в режимах SSB и АМ в те же 50...70 раз повышается перегрузочная способность УНЧ.

Транзисторы VT1, VT3 и VT4 могут быть любые кремниевые высокочастотные с коэффициентом передачи тока не менее 150, желательно малошумящие, например, КТ3102Д, КТ3102Е или импортные 2N3904, BC547-549, 2SC1815. Головные телефоны — электромагнитные, обязательно высокоомные (с катушками электромагнитов индуктивностью примерно 0,5 Гн и сопротивлением постоянному току 1500...2200 Ом), например, типов ТОН-1, ТОН-2, ТОН-2м, ТА-4, ТА-56м. При последовательном включении они имеют общее сопротивление по постоянному току 3,2...4,4 кОм, а по переменному — примерно 10...12 кОм на частоте 1 кГц. Штатная вилка головных телефонов заменена на стандартный трёхштырьковый разъём СГ-3 от звукозаписывающей бытовой аппаратуры. Между выводами 1 и 3 штыревой части разъёма XP1 установлена перемычка, которая служит для подключения батареи питания GB1. При отсоединении телефонов питание приёмника будет отключаться автоматически. Плюсовой провод телефонов соединён с выводом 1 разъёма, что обеспечит сложение магнитных потоков, создаваемых током подмагничивания и постоянными магнитами телефонов.

Испытания приёмника проводились с антенной длиной 10 м на высоте примерно 10 м (с балкона четвёртого этажа на дерево) и с антенной наклонный WINDOM длиной 41 м с экранированным снижением (с крыши девятиэтажного дома на фонарный столб). Оказалось, что при размещении большой антенны около линий уличного освещения в вечернее время появляются довольно заметные НЧ-наводки (фон),

поэтому антенну следует подключать через конденсатор ёмкостью 510 пФ или двухзвенный ФВЧ, составленный из двух конденсаторов по 510 пФ и дросселя индуктивностью 50...100 мкГн.

Для устранения описанного выше явления во входной цепи модифицированного варианта приёмника была применена индуктивная связь антенны с контуром (**рис. 2**). Контурная катушка L2 должна иметь максимально возможную конструктивную добротность, поэтому лучшим вариантом будет намотать катушку регенератора на кольцевом магнитопроводе фирмы Amidon (например,

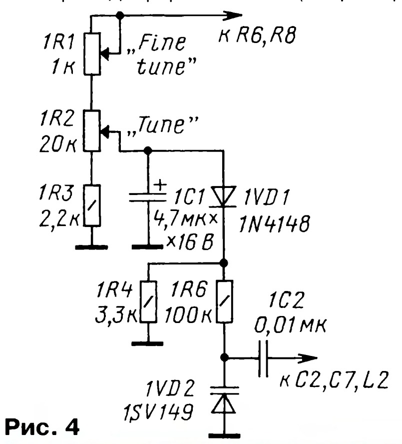


Рис. 4

При типовом напряжении на контуре примерно 1 В в антенну попадёт не более 3...4 мВ, и излучение в автодинном режиме будет мизерным.

Для любителей громкоговорящего приёма был разработан дополнительный УНЧ. Его схема показана на **рис. 3** (позиционные обозначения продолжают начатые на рис. 1). Для подключения УНЧ следует удалить разъём XS1, конденсатор C18 заменить резистором 4,7 кОм, а между источником +12 В и приёмником установить выключатель питания. Налаживание усилителя сводится к установке тока покоя подстроечным резистором R17 и половины напряжения питания на эмиттерах транзисторов VT7 и VT8 подборкой резистора R14.

Также в приёмнике возможно использование варикапа для электронной настройки на рабочую частоту (**рис. 4**).

Вот так выглядел исходный вариант этого приёмника на этапе макетирования (**рис. 5**).

Чертёж печатной платы мной не разрабатывался. Наш болгарский коллега LZ2XL был одним из первых, кто повторил приёмник. Его вариант печатной платы в формате lay можно найти по адресу **http://us5msq.com.ua/prostoj-tranzistornyj-regenerativnyj-priyomnik/** в Интернете. Он прислал также свой отзыв (в нём сохранён авторский стиль, только подправлена грамматика):



Рис. 5

T50-6, T50-2, T68-6, T68-2). В авторском варианте она намотана на магнитопроводе T50-6 и содержит 45 витков провода ПЭВ-2 0,3...0,5. Помимо увеличения её конструктивной добротности (приблизительно в два раза), меньшая, по сравнению с катушкой от Р-250, индуктивность позволила расширить диапазон принимаемых частот. Число витков катушки связи L1 зависит от размеров антенны — для большой или диапазонной антенны она содержит один виток (1/45 от контурной), для малой (длиной менее 5 м) — два витка (1/22 от контурной). При отсутствии таких магнитопроводов катушку можно намотать на подходящем цилиндрическом каркасе диаметром не менее 20 мм.

С учётом ослабления сигнала на НЧ-диапазонах аттенюатором не менее 5...10 раз реальное включение антенны в контур будет не более 1/200...1/300.

"Привет, Сергей! А приёмник ваш интересный оказался. После ужина сделал плату, и весь вечер было одно удовольствие. Правда, у меня подходящей катушки с вожжёной медью не оказалось, и приёмник работал чуть выше — в пределах 5,8...8,2 МГц. На сороковке неплохо работает, правда, без аттенюатора "вещалки" перекрывают всё.

Аттенюатор обязателен, особенно при приёме на диапазоне 40 метров. Если антенна включена без аттенюатора, "вещалки" перекрывают весь диапазон. Здесь сама антенна включена немного необычно и оригинально. В этом включении аттенюатор не влияет на точку регенерации, а это хорошо, сам подход к регенерации особенно мягкий. После точки генерации сам приёмник ведёт себя хорошо, соседние сильные сигналы не мешают." ■

В Президиуме СРР

Поскольку любительские радиостанции в большинстве своём находятся в жилом секторе населённых пунктов, для владельцев этих радиостанций представляет интерес расчёт безопасного расстояния, на котором человек может в течение длительного времени находиться от антенны работающей радиостанции. На сайте 1-го района IARU имеется компьютерная программа, позволяющая радиолюбителям самостоятельно провести оценки этого расстояния.

Президиум СРР рекомендует нашим радиолюбителям пользоваться этой программой для приблизительной оценки уровня безопасности, поскольку нормативы, действующие в Российской Федерации, примерно соответствуют рекомендациям Международной комиссии по неионизирующим излучениям, которые заложены в данную программу.

Архив с версией 1.5 этой программы находится по адресу **http://news.srr.ru/wp-content/uploads/2016/08/ic105.zip** на сайте СРР. В соответствии с условиями использования программы все члены национальных радиолюбительских организаций (в России — СРР) могут пользоваться ею без дополнительных разрешений, все остальные — только с разрешения автора.

Президиум СРР внёс изменения в список стран (территорий) для диплома Р-150-С. В этот список дополнительно включён наш анклав — урочище Медвежье-Саньково (Вышковское городское поселение Злынковского района Брянской области), окружённое территорией Республики Беларусь. Внесены также уточнения в критерий А2 включения территорий в список стран и территорий, засчитывающихся на этот диплом. В новой редакции он звучит так:

"А2 — Калининградская область, урочище Медвежье-Саньково (Вышковское городское поселение Злынковского района Брянской области, засчитывается с 1 мая 2016 г.) как анклавы, отделённые от метрополии по суше."

Первой радиостанцией, идущей в зачёт за данную территорию, является R150S, которая работала с территории урочища Медвежье-Саньково 1 мая 2016 г. QSL-менеджер этой экспедиции — Павел Колесников (R2DX), QSL-карточки будут разосланы через QSL-бюро СРР по логу.

В этом году Президиум СРР ввёл в действие новую редакцию "Положения о порядке образования позывных сигналов для идентификации радионаблюдателей в Союзе радиолюбителей России". Ознакомиться с ним можно по адресу **http://news.srr.ru/?p=6098** на сайте СРР.

НАША КОНСУЛЬТАЦИЯ

КОРНЕВ А. Упрощённый ультразвуковой измеритель октанового числа бензина. — Радио, 2016, № 7, с. 47.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

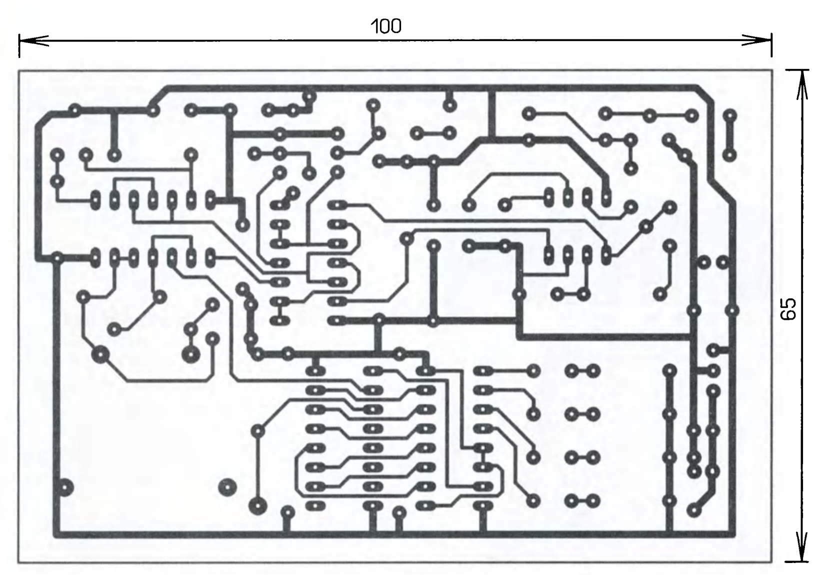
На рис. 1 допущена ошибка. Вывод 7 микросхемы DA1 следует соединить с минусовым выводом конденсатора C9 (линией общего провода), а вывод 4 — с его плюсовым выводом (линией питания +5 В с выхода стабилизатора, выполненного на микросхеме DA2). У элемента DD2.4 нумерация входных выводов — 12 и 13, у выходного — 11.

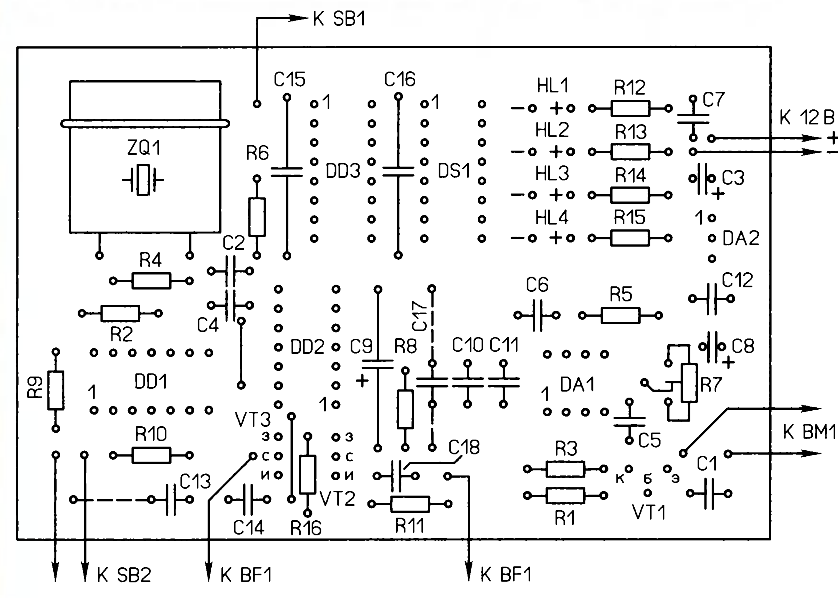
Печатная плата.

Чертёж печатной платы и расположение элементов показаны на **рисунке**. На ней размещены все элементы, кроме микрофона BM1, ультразвукового излучателя BF1 и кнопок SB1, SB2. Кварцевый резонатор ZQ1 — в корпусном исполнении HC33U или HC6U. Резонатор крепят на плате хомутом из отрезка медного провода. Конденсаторы C3, C8 — оксидные любого типа, например, импортные Jamicon; C6 — импортный плёночный (K73-17) на номинальное напряжение 63 или 100 В; C9 — танталовый K53-1A; C13, C15—C17 — керамические, например, KM-5a; остальные — керамические, например, KM5б (в том числе и C13, C17 — для них на плате предусмотрены дополнительные контактные площадки с отверстиями). Транзистор VT1 — любой маломощный структуры n-p-n. Полевые транзисторы КП501А заменимы отечественными из серий КП504, КП505 или импортными 2N7000, BS170 (последние с учётом различия в расположении выводов). Микросхемы серии K561 заменимы импортными аналогами серии 4000B. Светодиоды HL1—HL4 — любые маломощные.

При разработке печатной платы в целях минимизации числа перемычек нумерация выводов части логических элементов микросхем DD1 и DD2 переназначена. Это коснулось и корпусной перестановки. Изменения в нумерации приведены ниже. Для входов элементов сначала указаны верхние по схеме входы, затем — нижние. **DD1.1 — входы 12, 13, выход 11; DD1.3 — входы 1, 2, выход 3; DD1.4 — входы 5, 6, выход 4; вместо элемента DD1.2 использован DD2.1 со входами 6, 5, выходом 4; вместо DD2.1 использован DD1.2 со входами 9, 8, выходом 10.**

От редакции. Чертежи печатной платы в формате Sprint LayOut 5.0 и TIFF имеются по адресу ftp://ftp.radio.ru/pub/2016/09/oktan.zip на нашем FTP-сервере.





КАМЕНЕВ Н. Повторитель показаний бытовых счётчиков воды. — Радио, 2015, № 12, с. 28.

О доработке программы микроконтроллера.

В редакцию поступило письмо от читателя со следующими вопросами:

1. Какие изменения нужно внести в программу МК для счётчика, геркон которого замыкается не через каждые десять литров воды, а через каждый литр?

2. Сохранятся ли при этом выводимые на индикатор значения расхода воды с точностью до третьего знака после запятой?

3. Для удобства установки первоначальных показаний на индикаторе мной был собран вспомогательный генератор импульсов на микросхеме К561ЛА7. Импульсы с генератора изменяют показания без многократного нажатия на кнопки. Но если эти импульсы подать сразу на два входа, имитируя одновременный расход горячей и холодной воды, то один из счётчиков МК начинает "тормозить". Нет ли при этом пропусков счётных импульсов от герконов?

Ответ автора:

1. В программе предусмотрен счёт расхода воды с кратностью один литр. Как откорректировать программу для этого случая, написано в её комментариях.

2. Три знака после запятой сохраняются автоматически.

3. Пропуска счётных импульсов нет.

От редакции. Новые файлы vodomer2.asm, vodomer2.hex имеются по адресу ftp://ftp.radio.ru/pub/2016/09/vodomer2.zip на нашем FTP-сервере.



Получатель ЗАО «Журнал «Радио»
ИНН 7708023424, р/с 40702810438090103159,
ПАО Сбербанк г. Москва,
К/с 30101810400000000225,
БИК 044525225, КПП 770801001

Начинается подписка на первое полугодие 2017 года
Подписная цена одного номера журнала по каталогу Роспечати 185 руб.

Подписка на шесть номеров (без учёта стоимости местной доставки) стоит 1110 руб.

Всё, что вы платите сверх этой суммы, — стоимость услуг по доставке журнала от вашего узла связи до вашего дома.

Стоимость полугодовой подписки при получении журнала в редакции (без рассылки): для физических лиц — 1000 руб., для юридических лиц — 1080 руб.

Стоимость подписки с адресной рассылкой для жителей дальнего зарубежья на полугодие — 45 USD, на год — 90 USD.

В редакции журнала "Радио" можно приобрести журналы "Радио"

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			В Россию	В остальные страны
2011	1—12	45 руб.	101 руб.	187 руб.
2012	1—12	80 руб.	136 руб.	222 руб.
2013	1—12	95 руб.	161 руб.	237 руб.
2014	1—12	110 руб.	176 руб.	252 руб.
2015	1—6	125 руб.	191 руб.	276 руб.
2015	7—12	135 руб.	201 руб.	277 руб.
2016	1—6	150 руб.	220 руб.	320 руб.
2016	7—12	165 руб.	235 руб.	335 руб.
2017	1—6	185 руб.		

На бланке напишите, за какие журналы вы переводите деньги и укажите свой точный адрес (с почтовым индексом). После того как деньги поступят на расчётный счёт, мы отправим вам журналы. При переводе денег почтовым переводом может понадобится почтовый индекс банка 101000.

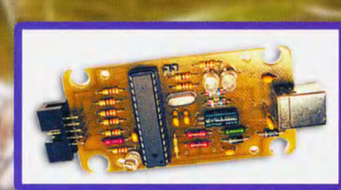
Подписные индексы журнала "РАДИО" по каталогам: Каталог Агентства РОСПЕЧАТЬ 70772; Объединённый каталог "Пресса России" 89032; "Каталог Российской прессы" Почта России 61972.

НАБОРЫ ЖУРНАЛА "РАДИО"

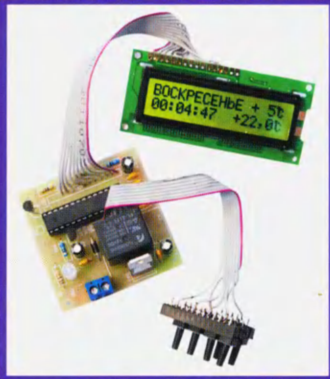




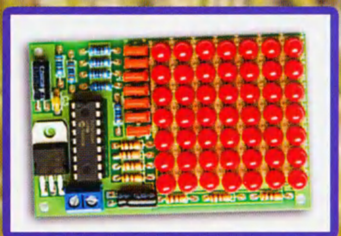
"Двухтактный оконечный усилитель на 6Н23П и 6П43П"



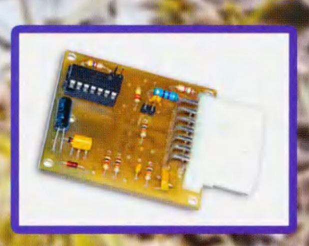
"USB программатор микроконтроллеров AVR и AT89S, совместимый с AVR910"



"Программируемый термостат"



"Автомат световых эффектов на микроконтроллере"



"Блок зажигания — регулятор угла ОЗ на микроконтроллере PIC16F676"

"Цифровое устройство защиты с функцией измерения"

http://kits.radio.ru